

COUNTWAY LIBRARY



HC 4BR5 X

LEHRBUCH
DER
MIKROPHOTOGRAPHIE
VON
DR. RICHARD NEUHAUSS

BOSTON
MEDICAL LIBRARY
8 THE FENWAY

LEHRBUCH

DER

MIKROPHOTOGRAPHIE

LEHRBUCH MIKROPHOTOGRAPHIE

DER

DR. MED. RICHARD NEUHAUSS

PRAKT. ARZT IN BERLIN

Mit 62 Abbildungen in Holzschnitt,
2 Autotypien, 1 Tafel in Lichtdruck und 1 Heliogravüre

ZWEITE, UMGEARBEITETE AUFLAGE

BRAUNSCHWEIG

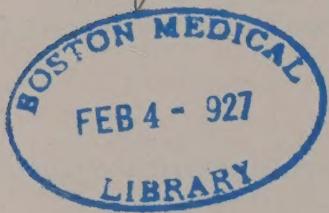
HARALD BRUHN

Verlagsbuchhandlung für Naturwissenschaft und Medicin

1898

Alle Rechte vorbehalten

3. J. 58.



Vorwort zur ersten Auflage

Seit dem im Jahre 1866 erfolgten Erscheinen des vortrefflichen Werkes von MOITESSIER, welches durch BENECKE ins Deutsche übertragen wurde, ist kein ernstlicher Versuch unternommen, die von Jahr zu Jahr sich mehrende Literatur über Mikrophotographie zusammenzufassen und zu sichten. Die seit jener Zeit erschienenen, mehr oder minder umfangreichen Schriften über Mikrophotographie begnügen sich mit der Beschreibung einzelner Apparate und Methoden, wobei den eigenen Erfindungen vom Autor ein über die Gebühr breiter Raum bewilligt wird.

Der Mangel eines Lehrbuches konnte nicht verfehlt, auf die mikrophotographische Literatur bis in die neueste Zeit hinein den nachtheiligsten Einfluss auszuüben. Der Autor von heute kennt zumeist nicht den Autor von gestern, und man schreibt und empfiehlt, was schon vor einem Menschenalter geschrieben und — verworfen ist.

In vorliegender Arbeit wurde versucht, die geschichtliche Entwicklung der mikrophotographischen Apparate und Methoden zur Darstellung zu bringen und zu zeigen, wie man allmählich zu unseren brauchbaren Methoden gelangte. Verfasser war nach Kräften bemüht, jedem Autor zu seinem Rechte zu verhelfen und jedes Einzelnen Verdienste zu würdigen. Wenn hierbei in nicht seltenen Fällen der Ruhm für Einführung bedeutsamer Neuerungen Anderen als bisher zugesprochen wird, so können darüber nur Diejenigen ungehalten sein, welche es lieben, die Verdienste Anderer sich selbst anzurechnen.

Sollten in der Darstellung Irrthümer sich eingeschlichen haben, so dürfen wir den überaus grossen Umfang des zu bewältigenden Materials als Entschuldigung anführen.

Es bedarf nicht besonderer Erwähnung, dass überall möglichst auf die Originalarbeiten zurückgegriffen ist und diese — nicht etwa ihre Uebersetzungen — als Quelle angegeben wurden.

Der erste Abschnitt bespricht den mikrophotographischen Apparat; in dem zweiten lassen wir die für die Mikrophotographie verwendbaren Objektive und Okulare in ihrer Entwicklung aus den dürftigsten Anfängen bis zu den vortrefflichen Apochromaten an unserem geistigen Auge vorüberziehen. Fernere Abschnitte behandeln die Lichtarten, die Entwicklung der Beleuchtungsmethoden, die Fortschritte im Negativ- und Positiv-Verfahren und eine grössere Reihe anderer Dinge, die im Laufe der Jahre bedeutende Wandlungen durchmachten.

An dieser Stelle sei Herrn Dr. WILHELM JULIUS BEHRENS in Göttingen für die eifrige Förderung des Werkes und die grossen Dienste, welche er besonders bei Beschaffung der nothwendigen Literatur leistete, von Herzen Dank ausgesprochen.

Berlin 1890,

Dr. R. Neuhauss

Vorwort zur zweiten Auflage

Die Nothwendigkeit, eine zweite Auflage des „Lehrbuches der Mikrophotographie“ ins Werk zu setzen, erfreute den Unterzeichneten um so mehr, als bisher noch niemals ein deutsches Werk über Mikrophotographie eine zweite Auflage erlebte.

Bei der Neubearbeitung wurde berücksichtigt, was seit dem Erscheinen der ersten Auflage auf dem Gebiete der Mikrophotographie veröffentlicht ist. Aber auch in vielen anderen Punkten erwiesen sich Umänderungen als nöthig. Konnte doch Verfasser bei Bearbeitung der ersten Auflage kein einziges der vorhandenen Werke — das gute Werk von MARKTANNER erschien gleichzeitig mit vorliegendem Lehrbuche — als Vorbild nehmen. Das einzige Buch, welches vielleicht vorbildlich zur Verfügung stand, dasjenige von MOITESSIER, war viel zu veraltet. Die später erschienenen Werke sind derart minderwerthig, dass sie nur als Richtschnur dienten, wie man bei Abfassung eines Lehrbuches nicht zu verfahren hat. So konnte es nicht unterbleiben,

dass bei der ersten Auflage mancher Fehlgriff vorkam. Buchstäblich an jeder Seite wurde daher die Feile angelegt, und einzelne Abschnitte sind gänzlich umgearbeitet.

Werthvoll für die Bearbeitung der zweiten Auflage waren die Erfahrungen, welche Verfasser in zahlreichen Kursen über Mikrophotographie gesammelt hatte. Dinge, die, wie es sich immer wieder zeigte, dem Lernenden besonders schwer fallen, fanden in vorliegender Auflage eingehende Berücksichtigung.

In der Anordnung des Stoffes wurde nichts geändert, da sich dieselbe gut bewährt hatte, so gut, dass ein französischer Autor sich nicht nur aufs engste an sie „anlehnte“, sondern auch ganze Kapitel auszugsweise abschrieb.

Bei Abfassung der ersten Auflage verfolgte Unterzeichneter nicht ausschliesslich den Zweck, eine Anleitung zur Herstellung von Mikrophotogrammen zu geben. Es sollte gleichzeitig ein Gesamtüberblick über das auf dem Gebiete der Mikrophotographie Erfundene und Geleistete geboten werden. Wir hofften, die Erfindungswuth der Jünger unserer Kunst einzudämmen, da jedem angehenden Erfinder nunmehr Gelegenheit geboten war, sich über das bereits Erfundene zu unterrichten. Diese Hoffnung erfüllte sich nicht. Immer und immer wieder sind die thörichtesten Konstruktionen und Methoden von Neuem erfunden.

Möge die zweite Auflage nach dieser Richtung hin segensreicher wirken!

Berlin W, 1898,

Dr. R. Neuhauss

INHALT

Erster Abschnitt

Der mikrophotographische Apparat

1. Geschichtliche Entwicklung der Apparate

Sonnenmikroskop S. 1. — Verfahren von Davy S. 1. — Photomikroskop von Mayer S. 2. — Apparat von Pohl und Weselsky S. 3. — Apparat von Gerlach S. 5. — Apparat von Möller S. 6. — Kleiner senkrechter Apparat von Neuhauss S. 7. — Apparat für schwache Vergrösserung von Gerlach S. 7. — Apparat von Harting S. 8. — Apparat von Möller und Emmerich S. 9. — Moitessier's Apparat für kleine Bilder S. 10. — Kassette für acht Aufnahmen von Benecke S. — 10. Moitessier's senkrechter Apparat für direkte starke Vergrösserung S. 11. — Senkreiches Mikroskop und wagerechte Kamera nach Moitessier S. 12. — Moitessier's wagerechter Apparat S. 12. — Grosser Apparat von Benecke auf parallaktischem Stativ S. 13. — Apparat von Fritsch S. 15. — Trichterförmiges Zwischenstück nach R. Koch S. 16. — Universalapparat von Fritsch S. 17. — Hooke'scher Schlüssel S. 18. — Verschiedene Arten der Einstellscheibe S. 20. — Lichtdichte Verbindung zwischen Kamera und Mikroskop S. 21. — Verlängerung der Mikrometerschraube nach Neuhauss S. 22. — Gesonderte Aufstellung von Mikroskop und photographischer Kamera S. 24. — Mikroskopstativ für Mikrophotographie von Zeiss S. 25. — Grosser mikrophotographischer Apparat von Zeiss S. 27. — Kleiner Apparat von Zeiss S. 30. — Horizontal-vertikal Apparate von Zeiss, Reichert, Winkel S. 32. — Edinger-Nieser'sche Kamera von Leitz S. 34. — Apparat von Fuess S. 34. — Zimmerapparat von Woodward S. 35. — Apparat von Nachet S. 37.

2. Allgemeine, bei Anschaffung eines mikrophotographischen Apparates massgebende Gesichtspunkte

Kostenpunkt S. 38. — Balgen-Länge und Weite S. 39. — Nebenlicht S. 39. — Trennung von Mikroskop und Kamera S. 39. — Visirscheibe und Verlängerung der Mikrometerschraube S. 39. — Mikroskopstativ S. 39. — Stellung der Tubus-Achse S. 40. — Weiter Tubus S. 40. — Gang der Mikrometerschraube S. 40. — Tubuslänge S. 41. — Hilfsapparate: Schlitten-Objektivwechsler S. 41. — Beweglicher Objekttisch S. 41. — Markirapparat S. 42.

3. Die Aufstellung des mikrophotographischen Apparates

Aufstellung nach Zeiss S. 43. — Untere Geschosse der Häuser S. 43. — Lage nach Süden S. 43. — Unterlagen von Filz S. 44. — Transportabeler Arbeitshäuschen nach Benecke S. 44.

Zweiter Abschnitt
Objektive und Okulare

1. Allgemeines

Oeffnungswinkel und numerische Apertur S. 46. — Abbildungsvermögen der Objektive S. 49. — Tiefenzeichnung S. 49. — Begrenzungsvermögen S. 50. — Sphärische und chromatische Abweichung S. 50. — Sekundäre Farbenabweichung S. 51. — Vollkommene Achromasie S. 51. — Versuche von Barlow, Abbe und Zenger S. 51. — Flusspath-Linsen S. 52. — Die Apochromate von Zeiss S. 53.

2. Die Projektion des Bildes

Davy's Verfahren S. 53. — Aufnahme mit Objektiv und Okular S. 54. — Bestimmte Tubuslänge S. 54. — Photographische Objektive von Wales, Gundlach, Seibert & Krafft und Zeiss S. 56. — Woodward's Amplifier S. 56. — Projektions-Okulare von Zeiss S. 57. — Projektions-Okular nach Neuhauss S. 59. — Aufnahme mit Objektiv, Okular und Landschaftslinse S. 61.

3. Die Fokusdifferenz

Begriff derselben S. 62. — Verfahren von Bertsch und Harting S. 63. — Verfahren von Reichardt und Stürenburg S. 64. — Wenham's Korrektionsmethode S. 65. — Verwendung von einfarbigem Licht S. 65. — Prisma von Brewster S. 65. — Prismen von Hartnack und Prazmowski S. 66. — Farbige Gläser S. 66. — Absorptionsküvetten S. 66. — Schusterkugel S. 67. — Fehling'sche Lösung S. 68. — Kupferoxyd-Ammoniak-Filter S. 68. — Chinin-Lösung S. 69. — Zettnow'sches Filter S. 70. — Pikrin-Filter S. 71. — Aufstellung der Absorptionsküvetten S. 72. — Sensitometer-Versuch von Neuhauss S. 72. — Systeme ohne Fokusdifferenz S. 74.

4. Die Vergrösserung

Steigerung der Vergrösserung mit Hilfe der Photographie S. 75. — Wahl der Vergrösserung S. 76. — Objektive für verschiedene Vergrösserungen S. 76. — Berechnung der Vergrösserung S. 77. — Durchmesser des Bildes auf der Platte S. 80.

Dritter Abschnitt

Die Lichtquelle

1. Allgemeines

Einfluss der Wellenlänge S. 81. — Intensität und gleichmässige Helligkeit des Lichtes S. 82.

2. Sonnenlicht

Wellenlänge S. 84. — Ultraviolettes Licht S. 84. — Intensität S. 85. — Wärmeentwickelung S. 85. — Wechselnde Helligkeit S. 86. — Spiegel und Heliostat S. 86. — Diffraktionsräume S. 88. — Unbeständigkeit des Sonnenlichts S. 88. — Zerstreutes Tageslicht S. 88.

3. Die künstlichen Lichtquellen

Eintheilung derselben S. 89. — Elektrisches Bogenlicht S. 89. — Anordnung nach Zeiss S. 90. — Elektrisches Glühlicht S. 91. — Magnesiumlicht S. 93. — Kosten S. 94. — Magnesium-Pustlicht S. 94. — Blitzlicht S. 95. — Gelbes Magnesiumlicht S. 96. — Magnesium-Talgkerzen S. 99. — Zink-Sauerstoff-Licht S. 99. — Petroleumlicht S. 100. — Wahl und Aufstellung der Lampe S. 100. — Werth desselben S. 101. — Leuchtgas S. 101. — Acetylenlicht S. 101. — Drummond'sches Kalklicht S. 102. — Aether-Sauerstoff-Kalklicht S. 103. — Magnesialicht S. 103. — Linnemann'sche Brenner S. 103. — Zirkonlicht S. 103. — Auer's Gas-Glühlicht S. 104.

Vierter Abschnitt

Die Beleuchtung

1. Beleuchtung mit durchfallendem Licht.

a. Allgemeines über den Strahlengang bei Anwendung von Planspiegel, Hohlspiegel und Sammellinse. Wirkung der Blenden

Öffnung des einfallenden Lichtkegels S. 105. — Planspiegel und Hohlspiegel S. 106. — Blenden S. 107. — Parallele Strahlen S. 108. — Wirkung der Sammellinsen S. 109. — Das Kondensiren des Lichts S. 109. — Objekt im Brennpunkt der Linse S. 110. — Schiefe Beleuchtung S. 111. — Mikroskopirlampen S. 111.

b. Einfluss der Breite des Beleuchtungskegels auf das Bild

Kleine Aperturen S. 112. — Bei gefärbten Präparaten grosse Aperturen S. 113. — Beste Abbildung der Geisselfäden S. 113. — Tiefenzeichnung und ebenes Gesichtsfeld S. 113. — Diffraktionssäume S. 113.

c. Entwicklung der Beleuchtungsapparate

Kondensoren von Bonannus und Hartsöker, Wollaston und Brewster S. 115. — Dujardin's Kondensor S. 115. — Einrichtungen von Amici und Ross S. 115. — Beleuchtung mit Mikroskopobjekten S. 116. — Achromatischer Kondensor von Powell & Lealand S. 116. — Abbe'scher Beleuchtungsapparat S. 116. — Achromatischer Kondensor von Zeiss S. 118. — Genaue Centrirung S. 118. — Iris-Blende S. 119.

d. Geschichtliches über die Beleuchtung der Objekte bei mikrophotographischen Aufnahmen

Falsche Vorstellungen über Beleuchtung S. 120. — Beleuchtung bei den alten Sonnenmikroskopen S. 121. — Gerlach's Beleuchtung S. 121. — Verfahren von Moitessier S. 121. — Projektion des Bildes der Lichtquelle in das Objekt S. 122. — Benecke's Verdienste S. 123. — Reichardt und Stürenburg's Ansichten S. 124. — Verfahren von Fritsch und Koch S. 124. — Jeserich's Beleuchtung S. 126. — Zeiss' Special-Katalog S. 127.

e. Die heute angewendeten Verfahren bei Beleuchtung der Objekte

Genaue Centrirung S. 127. — Beleuchtung bei ganz schwachen Objekten S. 128. — Schutz vor Oberlicht S. 130. — Projektion des Bildes der Lichtquelle in die Objektebene S. 131. — Die matte Scheibe S. 131. — Köhler's Verfahren S. 131. — Beleuchtung bei Immersionen S. 133.

f. Besonderheiten der Beleuchtung bei Aufnahme von Diatomeen

Schiefe Beleuchtung S. 135. — Beleuchtung bei Aufnahme von Amphipleura pellucida S. 135.

2. Beleuchtung mit auffallendem Licht

Glühlampe S. 139. — Verfahren von Moitessier S. 140. — Verfahren von Carlier und Man, von Hinterberger und Marktanner S. 140. — Vorrichtung von Nachet S. 140. — Lieberkühn'scher Spiegel S. 141. — Verfahren von Sorby, von Wedding und von Martens S. 141. — Beleuchtung durch totale Reflexion S. 143. — Wenham's Methode S. 143. — Dunkelfeldbeleuchtung S. 143.

Fünfter Abschnitt

Vorrichtungen für besondere Zwecke

1. Aufnahme von Objekten, die in flüssigen Medien eingebettet sind

Senkrechte Apparate S. 145. — Apparate von Stegemann, Israel und Stenglein S. 146.

2. Apparat zum Photographiren embryonaler Schnittreihen

Grosses Gesichtsfeld S. 146. — Landschafts-Objektiv S. 147. — Grobe und feine Einstellung S. 148. — Bromsilberpapier S. 148.

3. Vorrichtungen zu Augenblicks- und Reihen-Aufnahmen

Apparat von Bertsch S. 149. — Momentverschluss von Benecke und Moitessier S. 149. — Apparate von Bouman's, Nachet, Viguier, Marktanner-Turneretscher S. 151. — Reihen-Augenblicksbilder S. 152. — Vorschlag von Errera S. 152. — Apparat von Capranica S. 152. — Apparat von Marey S. 154. — Der Kinematograph S. 154. — Verfahren von R. du Bois-Reymond S. 155.

4. Aufnahmen mit polarisirtem Licht

Prismen S. 156. — Polarisator und Analysator S. 156. — Geschichtliches über Herstellung derartiger Bilder S. 157. — Bedeutung des polarisirten Lichtes S. 157. — Besondere Stative bei mineralogischen Arbeiten S. 158.

5. Spektroskopische Aufnahmen

Spektral-Apparat S. 158. — Geradsichtsprisma S. 159. — Ångström'sche Skala S. 159. — Projektions-Okular S. 160. — Vergleich verschiedener Spektren S. 160. — Sonnenlicht erforderlich S. 160. — Auswahl der lichtempfindlichen Platten S. 161. — Spektropolarisator S. 161.

6. Stereoskopische Aufnahmen

Mikroskop von Cherubin und von Greenough-Zeiss S. 162. — Verfahren von Wheatstone S. 162. — Halbe Blendung S. 163. — Verfahren von Moitessier und Fritsch S. 163. — Theilung des Lichtkegels durch Prismen S. 164. — Anordnung der Prismen nach Riddell S. 164, nach Nachet S. 165. — Stereoskopisches Okular nach Abbe S. 166. — Stereoskopische Wippe nach v. Babo S. 168. — Moitessier's Wippe S. 169. — Wippe nach Fritsch S. 171. — Methode der Verschiebung des Objekts S. 173. — v. Babo's Verfahren S. 174. — 2 neue Verfahren von Gebhardt S. 174.

7. Vorrichtungen bei Aufnahme von Eis- und Schneekristallen.

Aufstellung des Apparates im Freien S. 177. — Aufnahmen von Sigson, Neuhauss, Nordenskjöld, Miethe und Naumann S. 178.

Sechster Abschnitt

Das negative Bild

Die Kassette S. 180. — Stellung derselben S. 180.

1. Geschichtliches

Verfahren von Daguerre S. 181. — Verbesserung desselben durch Fizeau S. 181. — Papier-Negativ von Fox Talbot S. 181. — Eiweiss-Negative von Niepce de St. Victor S. 182. — Kollodium-Negative S. 182. — Kollodium-Trockenplatten S. 183. — Bromsilbergelatine-Trockenplatten S. 183. — Orthochromatische Platten S. 184. — Erythrosin-Platten S. 185. — Platten von Perutz S. 185. — Badeplatten S. 186. — Films S. 188. — Negativpapier S. 188. — Abziehplatten S. 188.

2. Die Belichtung

Kontrolle der besten Einstellung S. 189. — Vorsicht beim Einsetzen der Kassette S. 189. — Verdunkelung des Gesichtsfeldes S. 189. — Erschütterungen S. 190. — Verziehen des Mikroskops S. 191. — Ablagern des Apparats S. 191. — Gleichmässige Temperatur S. 192. — Belichtungszeit S. 192. — Abhängigkeit derselben von der Empfindlichkeit der Platten S. 192, von der Art der Lichtquelle S. 193, von der Breite des beleuchtenden Lichtkegels S. 193, von der Korrektion der Objektive S. 193, von der Beschaffenheit der Präparate S. 193. — Beurtheilung der Helligkeit des Bildes auf der matt Scheibe S. 194. — Verfahren nach Benecke S. 194, nach Zeiss S. 195. — Moitessier's Ansicht über Wirkung blauer Absorptionsflüssigkeiten S. 195. — Längere Belichtung bei der Aufnahme opaker Objekte, bei stereoskopischen Aufnahmen und Verwendung von Polarisationsapparaten S. 195. — Momentane Belichtung S. 196. — Tabelle der Belichtungszeiten bei Sonnen- und Petroleumlicht S. 197.

3. Die Entwicklung

Entwickeln durch Fach-Photographen S. 198. — Dunkelkammer S. 199. — Auswahl der rothen Gläser S. 199. — Verschiedene Entwickler S. 200. — Fixiren S. 201. — Verstärkung S. 201. — Abschwächung S. 202.

4. Die Beurtheilung des Negativs

Staubpartikel S. 204. — Grobes Korn S. 204. — Unscharfe Randzone S. 204. — Unscharfe Umrisse S. 204. — Ungleiche Dichtigkeit S. 205. — Schleier S. 206. — Hartes Bild S. 208. — Dicke Bild S. 208. — Diffraktionsräume S. 208.

5. Die Negativ-Retusche

Begriff der Retusche S. 209. — Bleistift und Tuschpinsel S. 210. — Abdecken des Gesichtsfeldes bei Diatomeen-Aufnahmen S. 211.

6. Die Vergrösserung des Negativs

Verwendbarkeit der Negativvergrösserung S. 211. — Feines Korn des Originalnegativs S. 212. — Vergrösserungsverfahren S. 212. — Chlorsilbergelatine-Platten S. 212.

Siebenter Abschnitt

Das positive Bild

1. Die Kopie auf Papier

Gesilbertes Albuminpapier S. 214. — Haltbare Papiere S. 215. — Chlor-silberkollodium-Papier S. 215. — Chlorsilbergelatine-Papier S. 215. — Aufbewahrung S. 215. — Tonfixirbad S. 215. — Heissatiniren S. 216. — Brom-silberpapier S. 217.

2. Die Kopie auf Glas

Vorzüge des Diapositivs S. 217. — Gewöhnliche Bromsilberplatte S. 217. — Chlorsilbergelatine-Platten S. 217. — Schutz der empfindlichen Bildschicht S. 218.

3. Die mechanischen Vervielfältigungsverfahren

Nachtheile der direkt kopirten Abzüge S. 218. — Geschichtliches S. 219. — Galvanos nach Daguerreotypien S. 219. — Stahldruck S. 219. — Photolithographie nach Barreswil S. 219. — Verfahren von Talbot S. 219. — Gegenwärtig geübte Methoden S. 219. — Autotypie S. 220. — Nachtheile derselben S. 220. — Kosten der Zink-Klisches S. 221. — Lichtdruck S. 221. — Obernetter's Glanzlichtdrucke S. 222. — Abziehbare Trockenplatten S. 222. — Heliogravüre S. 223. — Positiv-Retusche S. 223.

4. Die Aufnahme in natürlichen Farben

Indirekte Verfahren S. 223. — Lippmann's Verfahren S. 224. — Farbige Aufnahme von Neuhauss S. 224.

Achter Abschnitt

1. Die Präparate

Nothwendigkeit des Deckgläschens S. 226. — Dicke der Objekte S. 226. — Capranica's Vorschlag S. 226. — Bousfield's Verfahren S. 227. — Objekträger und Deckglas S. 227. — Einbettende Medien S. 227. — Trockene Einbettung S. 228. — Am Deckglase festgeschmolzene Kieselchalen S. 228. Färbung S. 229. — Bewegliche Objekte S. 229. — Spektroskopische Untersuchung der Farblösungen S. 230. — Käufliche Präparate S. 232.

2. Die Bedeutung der Mikrophotographie

Koch's Arbeiten S. 233. — Einführung der Trockenplatten S. 234. — Objektivität des Mikrophotogramms S. 234. — Leistungsfähigkeit der Mikrophotographie S. 236. — Ultraviolette Strahlen S. 236. — Blendung des Auges S. 236. — Die Platte ermüdet nicht und nimmt die feinsten Helligkeitsunterschiede wahr S. 236. — Addition der Lichteindrücke S. 237. — Verstärkung der Helligkeitsunterschiede im Negativ und Diapositiv S. 237. — Nachweis der dünnen Zenker'schen Blättchen mit Hilfe der Mikrophotographie S. 238. Vergleichbarkeit der Aufnahmen S. 239. — Werth für die Gerichtspraxis S. 239. — Werth guter Bakterienphotogramme S. 239. — Mikrophotogramme als Unterlage für Zeichnung S. 240.

3. Mikrophotogramme

Aufnahmen von Donné S. 241. — Atlas von Donné und Foucault S. 241. — Carpenter's Bilder S. 241. — Aufnahmen von Mayer, Nachet,

Hodgson, Shadbolt, Kingsley, Huxley, Wenham, Pohl, Weselsky und Bertsch S. 241. — Atlas von Hessling und Kollmann S. 242. — Album von Heeger S. 242. — The wonders of the microscope S. 242. — Tafeln in Gerlach's Lehrbuch S. 242. — Helwig's Aufnahmen S. 243. — Tafeln in Moitessier's Lehrbuch S. 243. — Boumans und Benecke's Photogramme S. 244. — Tafeln im Lehrbuch von Reichardt und Stürenburg S. 244. — Aufnahmen von Fritsch und Otto Müller S. 244. — Stereoskop-Bilder von G. Fritsch S. 245. — Koch's Aufnahmen S. 245. — Photogramme von A. de Bary, Kupffer und Benecke, C. Günther, Letzerich, Zürn und Olivier S. 246. — Arbeiten von Stein, von J. Grimm in Offenburg S. 247. — Tafeln in Stein's Lehrbuch S. 247. — Atlas der Pflanzenkrankheiten von Zimmermann und von Elsner S. 248. — Israel's Aufnahmen S. 248. — *Amphibleura pellucida* von Woodward und von Heurck S. 249. — Aufnahmen von Troup, E. van Ermengem, Koch und Plagge S. 249. — Stenglein's Mikrophotogramme S. 249. — Tafeln in dem Lehrbuch von Stenglein S. 250. — Photogramme im Special-Katalog von Zeiss S. 250. — Tafeln in dem Lehrbuch von Jeserich S. 250. — Aufnahmen von Prof. Kitt, Dr. Günther und Crookshank S. 250. — Diatomeen-Photogramme von A. Truan S. 251. — Atlanten von N. J. C. Müller und von M. Hauer S. 251. — Aufnahmen von Burstert und Fürstenberg S. 252. — Mikrophotographischer Atlas der Bakteriologie von Fraenkel und Pfeiffer S. 252. — Beiträge zur Protozoen-Forschung von Pfeiffer S. 253. — Prof. Löffler's Aufnahmen S. 253. — Photogramme von Marktanner S. 253. — Photogramme von Dr. R. Neuhauss S. 253. — Aufnahmen von Eder und Reisinger, von Martens, Raymann und K. Krüss S. 254. — *Amphibleura*-Aufnahmen von van Heurck und Zettnow S. 254. — Diatomeen-Atlas von Möller S. 254. — Aufnahmen von Valenta, His, Karg und Schmorl S. 255. — Atlas von Otto Walkhoff S. 255. — Aufnahmen von Engel, Spalteholz S. 256. — Mikrophotographischer Atlas von Itzert und Niemann S. 256. — Bacillen der Bubonenpest von Zettnow und von Pfeiffer S. 256. — Erklärung der Tafeln S. 258.



Erster Abschnitt

Der mikrophotographische Apparat

1. Geschichtliche Entwicklung der Apparate

Kaum war in der denkwürdigen Sitzung der Akademie zu Paris am 19. August 1839 das DAGUERRE'sche Verfahren zur Herstellung von Lichtbildern veröffentlicht, als auch schon die Versuche begannen, die neue Entdeckung für den Mikroskopiker nutzbar zu machen. Zuerst bediente man sich zur Anfertigung von Mikrophotogrammen des Sonnenmikroskops: Das Bild eines mit Sonnenlicht beleuchteten Objekts wurde durch das Objektivsystem auf eine in grösserer oder geringerer Entfernung befindliche weisse Wand geworfen und nunmehr mittels eines gewöhnlichen photographischen Apparats meist in etwas verkleinertem Maßstabe aufgenommen. Mitunter setzte man an Stelle der weissen Wand unmittelbar die lichtempfindliche Platte; dann musste natürlich das ganze Zimmer, in welchem die Aufnahme geschah, sorgfältig verdunkelt werden; nur das Objekt erhielt durch einen schmalen Spalt in den Fensterladen das zur Beleuchtung nothwendige Licht.

Schon im Jahre 1840 konnte AL. DONNÉ zu Paris der Akademie der Wissenschaften verschiedene, auf die soeben beschriebene Weise hergestellte Abbildungen mikroskopischer Objekte vorlegen.

Hier darf nicht unerwähnt bleiben, dass DAVY bereits in den ersten Jahren dieses Jahrhunderts, also mehr als ein Menschenalter vor DAGUERRE, nach einem ganz ähnlichen Verfahren Lichtbilder mikroskopischer Objekte fertigte, indem er das durch ein Sonnenmikroskop erzeugte Bild auf Papier fallen liess, welches mit Silberlösung bestrichen war. Die vom Lichte getroffenen Theile dieses Papiers werden dunkel, und es entsteht ein Bild. Aber durch kein Mittel der Welt konnte

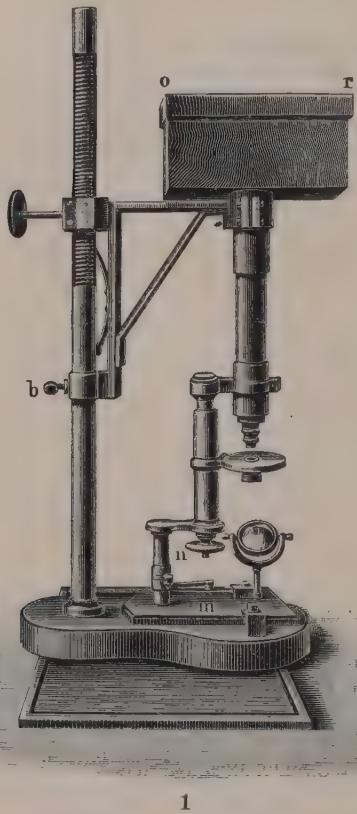
DAVY dies Bild vor der nachfolgenden Einwirkung des zerstreuten Tageslichtes, also vor völlig gleichmässigem Nachdunkeln der ganzen Papierfläche, schützen.

Die Bestrebungen der Mikrophotographen richteten sich frühzeitig darauf, das verdunkelte Zimmer und den Hilfsapparat mit dem gewöhnlichen photographischen Objektiv entbehrlich zu machen. In bester Weise

wurde dies erreicht durch das vom Apotheker MAYER in Frankfurt a. M. im Jahre 1844 erbaute Photomikroskop (Figur 1): Auf schwerer, eiserner Platte ist der Fuss *m* mit Klemmschrauben befestigt; zur Beleuchtung dient der unter dem Objekttisch angebrachte Spiegel. Ein neben dem Mikroskop in die Eisenplatte eingeschraubter Stab trägt einen eisernen Arm, welcher sich durch Zahn und Trieb auf- und abbewegen lässt. Die von diesem Gerüst unterstützte Kamera steht durch einen Metallring mit dem Tubus in lichtdichter Verbindung. Um Nebenlicht abzuhalten, wird die Verbindungsstelle ausserdem mit lichtdichtem Stoff umwickelt. Zur Fixirung der Kamera in bestimmter Höhe dient die Schraube *b*.

Das Objektiv entwirft ein Bild des aufzunehmenden Gegenstandes auf der matten Scheibe *o r*, welch letztere bei der Aufnahme durch die in einer Kassette befindliche, lichtempfindliche Platte ersetzt wird. Das Bild fällt um so grösser aus, je weiter die Scheibe *o r* von dem Objekt entfernt ist. Scharfe Einstellung geschieht mittels der Mikrometerschraube *n*.

MAYER hat über seinen vortrefflichen Apparat, der mit geringfügigen Abänderungen heute immer noch nachgebaut wird, nichts ver-

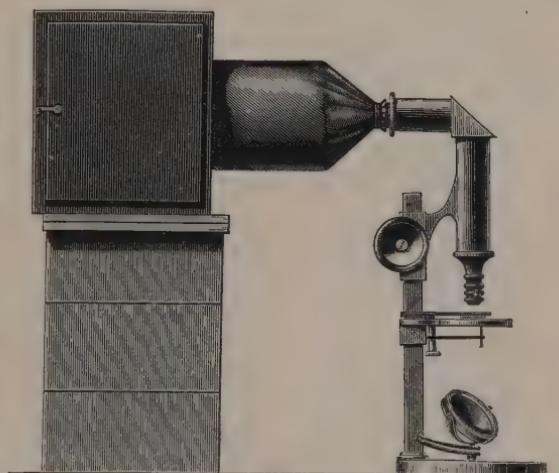


1

öffentlicht. Wie leistungsfähig derselbe war, beweisen zwei von ihm hergestellte Mikrophotogramme (*Pleurosigma angulatum* und *attenuatum*), die STEIN in seinem Werke „Das Licht“¹ wiedergiebt.

In etwas anderer Weise als MAYER suchten POHL und WESELSKY in Wien zum Ziele zu gelangen. Im Jahre 1852 benutzten sie das gewöhnliche, zusammengesetzte Mikroskop, ohne Entfernung des Okulars, unter Zuhilfenahme eines einfachen Holzkästchens zum Photographiren². Jedes grosse oder kleine zusammengesetzte Mikroskop ist hierfür brauchbar. Ein über das Okular gesetztes, rechtwinkliges, total reflektirendes Prisma steht durch einen leicht zu entfernenden, lichtdichten Aermel mit einer kleinen, hölzernen Kamera in Verbindung und leitet die vom Objektiv kommenden Strahlen in dieselbe (Figur 2). Die Kamera ruht auf festem Holzgestell oder besser auf eisernem GUYTON'schen Träger, um in der Höhe verstellbar zu sein. POHL und WESELSKY legen Gewicht auf besonders feinen Schliff der matten Scheibe. Nöthigenfalls müsse man die Scheibe einölen, um die feine

Einstellung des Bildes zu erleichtern. Die wagerechte Stellung der Kamera ist hauptsächlich deshalb gewählt, damit sich nicht, wie es bei senkrechter Lage leicht geschehen kann, auf der Mitte der lichtempfindlichen nassen Platte ein Tropfen ansammelt, der einerseits die Schönheit des Negativs beeinträchtigt, andererseits bei zufällig erfolgendem Herabfallen das Mikroskop verunreinigt.



2

¹⁾ STEIN, S. TH., Das Licht. 2. Heft: Das Mikroskop und die mikrographische Technik. Halle 1884, Knapp.

²⁾ Repertorium der Photographie. 4. Aufl. S. 28 u. 367. Wien 1854. — Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Klasse der kaiserl. Akademie der Wissenschaften zu Wien Bd. XXIII, 1857, S. 317.

Die wagerechte Anordnung ist ein entschiedener Fortschritt gegen die senkrechte MAYER's; allerdings wird dieser Vortheil in vorliegendem Falle durch ein Hilfsmittel von höchst zweifelhaftem Werthe — durch das Prisma — erkauft. Denn abgesehen davon, dass durch dies Prisma sowohl in Folge von Reflexion an der Oberfläche als auch von Absorption im Innern Licht verloren geht, wird durch dasselbe leicht eine Verzeichnung einzelner Theile des Bildes herbeigeführt, da bekanntlich das Schleifen ganz ebener Prismenflächen erhebliche Schwierigkeiten bereitet.

Anerkennenswerth ist bei dem POHL'schen Apparat auch die lockere Verbindung zwischen Tubus und Kamera. Die beim Oeffnen des Kassettenziehers unvermeidliche Erschütterung der Kamera wird bei dieser Anordnung nicht auf das Mikroskop übertragen.

Als Merkwürdigkeit sei angeführt, dass POHL räth, die Kamera inwendig blau anzustreichen, „um Licht zu gewinnen“. Das zeugt allerdings von einer staunenswerthen Unkenntnis aller in Frage kommenden optischen Gesetze. Jeder Lichtstrahl, der einmal mit der Kamerawand in Berührung kam, ist für die Bilderzeugung verloren und kann nur durch Erzeugung von zerstreutem Licht zur Verschleierung der Negativplatte beitragen.

GERLACH, welcher in Deutschland als der eigentliche Vater der Mikrophotographie gilt, weil er das erste Lehrbuch verfasste, beschreibt seinen Apparat (Figur 3) in dem 1863 erschienenen Werke¹ folgendermassen: Besitzt das zu mikrophotographischen Arbeiten verwendete Mikroskop einen Auszug zur Verlängerung des Rohres, so thut man gut, das obere Ansatzrohr ganz abzuschrauben. — An dem nunmehr obersten Ende des Tubus ist ein Metallring *i*, welcher aussen ein Schraubengewinde trägt, angelöthet. An diesem Ringe lässt sich der photographische Aufsatz fest anschrauben. Letzterer besteht aus einem hölzernen Rohre *g* und einem viereckigen, gleichfalls aus Holz konstruirten Kasten *d*, der an seinem oberen Ende mit einer Vorrichtung versehen ist, welche gestattet, die lichtempfindliche Platte ohne Zutritt von Tageslicht einzusetzen. Von der Länge des Rohrs *g* hängt die Vergrösserung ab, weshalb man mehrere Rohre von verschiedener Länge vorrätig halten muss. Die Visirscheibe *b* besteht aus einem Holzrahmen, welcher durch zwei Gelenke an der einen Wand des Kastens befestigt wird; derselbe kann demnach auf- und zugeklappt werden; ersteres geschieht bei dem Einsetzen der Kassette, letzteres vor dem Einstellen. GERLACH ersetzt die sonst übliche matte Scheibe durch

¹) GERLACH, Die Photgraphie als Hilfsmittel mikroskopischer Forschung. Leipzig 1863, Engelmann.

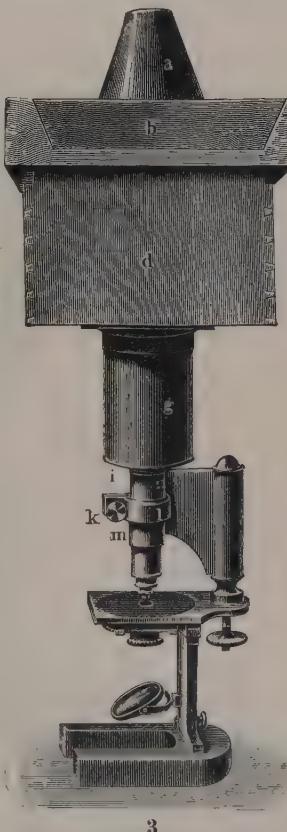
dünnes Pauspapier, welches er auf dem Rande des Holzrahmens festklebt. Um ein Herabgleiten des durch die Kamera beschwerten Tubus in der federnden Hülse *m* zu vermeiden, ist um letztere ein mit der Klemmschraube *k* zu verengernder Metallring *l* gelegt. Das beim Einstellen störende Seitenlicht hält ein auf den Einstellrahmen gesetzter, abgestumpfter Hohlkegel *a* aus Buchenholz ab.

GERLACH's Konstruktion bezeichnet keineswegs einen Fortschritt gegen diejenige des Apothekers MAYER. Die Belastung des Tubus durch einen so schweren Aufbau bleibt stets eine missliche Sache, denn das Gewicht drückt die Feder der Mikrometerschraube zusammen. Dieser Uebelstand muss sich um so nachtheiliger bemerkbar machen, als nach vollzogener feinster Einstellung das Gewicht der Kamera durch Einsetzen der Kassette vermehrt wird. Unbegreiflich ist, dass GERLACH den zur Einstellung dienenden, mit Pauspapier beklebten Holzrahmen durch Gelenke fest mit der Kamera verbindet. Lässen sich derselbe abnehmen, so wäre der Gewichtsunterschied zwischen der zur Einstellung und zur Belichtung hergerichteten Kamera weniger bedeutend. Durch Aufklappen des Holzrahmens wird der Tubus überdies auf einer Seite stärker belastet.

Diese Uebelstände mögen GERLACH belehrt haben, dass sich mit seinem Apparat nicht viel anfangen lässt. Er kehrte deshalb später zu der Anordnung von MAYER zurück und befestigte eine mit beliebig zu verlängerndem Balg versehene Kamera an festem Stativ.

In der Folgezeit griffen verschiedene Autoren auf das ursprüngliche GERLACH'sche Modell zurück.

Noch in neuerer Zeit wurde eine derartige Vorrichtung von Dr. H. MÖLLER in Greifswald¹⁾ empfohlen. Auch bei diesem Apparat ist



3

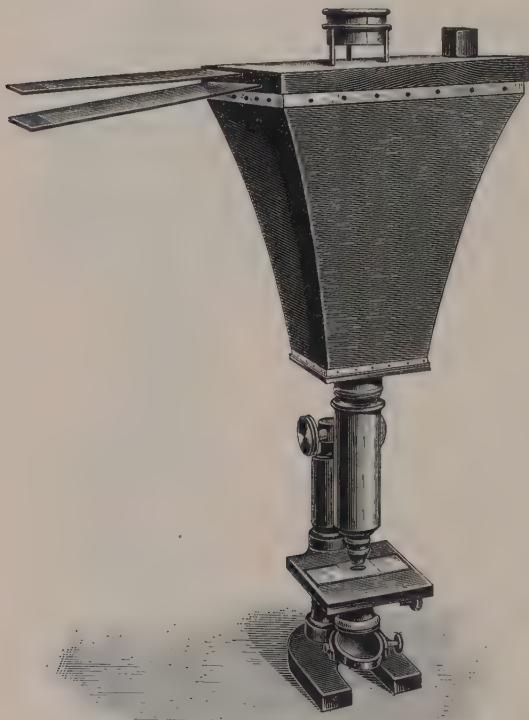
¹⁾ Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie Bd. V, 1888, S. 155.

der auf dem Tubus lastende Druck zu gross, da die Kamera mit gefüllter Kassette 575 g wiegt (Figur 4).

Es ist in der That für den Mikroskopiker sehr wünschenswerth, einen kleinen, recht einfachen Apparat zur Hand zu haben, der wenig kostet und ohne grosse Vorbereitungen die Aufnahme eines mikroskopischen Präparates gestattet. Mancher Forscher steht nur deshalb

davon ab, die Mikrophotographie zu erlernen, weil er einerseits keinen Platz hat, einen grossen Apparat aufzustellen, andererseits den Geldaufwand fürchtet, welchen die Anschaffung umständlicher Vorrichtungen erheischt. Man kann nun die ohne besondere Stütze auf den Tubus zu setzende Kamera mit Vortheil verwenden, wofern sie nur die nötige Leichtigkeit hat und ohne irgendwelche Umstände anzubringen und wieder zu entfernen ist. Beiden Anforderungen genügt ein kleiner vom Verfasser angegebener Apparat: Nach

Herausnahme des Okulars wird oben auf den Tubus *T* (Figur 5) eine letzteren eng umschliessende, 2 cm lange Hülse *a* gesteckt, welche eine runde Scheibe *b* von 8 cm Durchmesser trägt. Sowohl am äusseren Rande dieser Scheibe, als auch 1 cm centralwärts erheben sich zwei 1 cm hohe Ränder *c* und *d*. Der zwischen diesen Rändern befindliche Raum dient zur Aufnahme eines 25 cm langen, $7\frac{1}{2}$ cm weiten, dünnen Rohrs *e* aus Pappe oder Aluminium, welches an seinem oberen Ende mit einem zur Aufnahme der Kassette bestimmten Rahmen *f* verbunden ist.

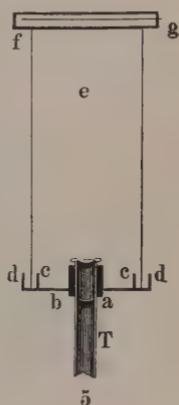


Die Kassette ist aus leichtestem Holze hergestellt und fasst eine Platte von 7×7 cm. Besondere Sorgfalt wurde auf den Kassetten-schieber *g* verwendet: derselbe muss sich mit grösster Leichtigkeit ein- und ausschieben lassen und dabei doch völlig lichtdicht schliessen. Die Visirscheibe, welche nach vollbrachter Einstellung herausgenommen und durch die Kassette ersetzt wird, ist derart beschwert, dass sie genau so viel wiegt, wie die mit einer Platte geladene Kassette; anderenfalls würde die Feder der Mikrometerschraube bei der Einstellung anders belastet sein, als bei der Belichtung. Die lose und doch völlig licht-dichte Verbindung des Rohrs *e* mit der Scheibe *b* erleichtert das Arbeiten ungemein. Grosse Bilder sind hiermit freilich nicht zu erzielen, doch ist der Vortheil nicht zu unterschätzen, dass man ohne Vorber- reitungen beim Mikroskopiren sofort Aufnahmen machen kann.

Einen kleinen, auf den Tubus ohne besondere Stütze aufsetzbaren, sehr leichten Apparat aus Aluminium bringt jetzt auch FUESS (Steglitz bei Berlin) in den Handel¹.

Kehren wir zu GERLACH zurück. Für Aufnahme gröserer Objekte in zwei- bis zehnmaliger Vergrösserung gab derselbe einen besonderen Apparat² an: Das Präparat liegt auf einem kleinen, in der Mitte durchbohrten Tisch und wird von unten mittels des Spiegels erleuchtet. Auf dem Tisch sind rechts und links vom Präparat senkrecht zur Tischplatte zwei Holzleisten angebracht, welche eine gewöhnliche, mit langem Auszug versehene photographische Kamera, deren Objektivbrett nach unten gerichtet ist, zwischen sich fassen. Die Kamera kann in gröserer oder geringerer Entfernung vom Objekt befestigt werden. Zur Aufnahme dient hierbei ein gewöhnliches photographisches Objektiv.

Den wichtigsten, dem ursprünglichen GERLACH'schen Modell (Figur 3) anhaftenden Fehler suchten verschiedene Autoren, so wie es, wie bereits bemerkt, späterhin GERLACH selbst that, dadurch zu beseitigen, dass sie die Kamera durch einen besonderen Untersatz stützten. HARTING³ benutzt ein vierbeiniges, festes Gestell (Figur 6). Als beachtenswerthe Verbesserung an diesem Apparat erwähnen wir

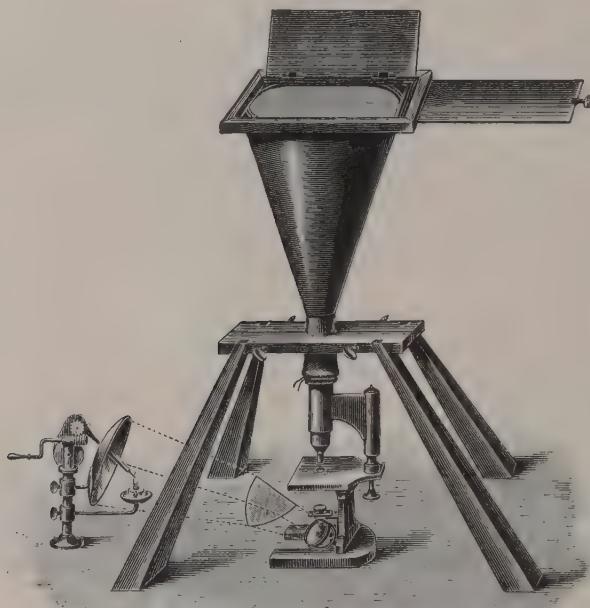


¹⁾ Zeitschrift für angewandte Mikroskopie Bd. I, 1895, S. 225; Internationale photographische Monatsschrift für Medicin 1897 S. 161.

²⁾ A. a. O. S. 35.

³⁾ HARTING, Das Mikroskop Bd. II S. 289. Braunschweig 1886, Vie-weg & Sohn.

ferner [den] Aermel von schwarzem Gummi, welcher den Mikroskopstab mit der Kamera verbindet. HARTING erkannte richtig, dass die feste Verbindung beider Theile für den Mikrophotographen nicht nur umständlicher ist, sondern auch das Gelingen eines guten Negativs in Frage stellt, da die unvermeidliche Erschütterung der Kamera, besonders bei Arbeiten mit starken Objektiven, die scharfe Einstellung beeinträchtigt.



Bei dieser Gelegenheit möge ein Irrthum erörtert werden, der sich noch in neuester Zeit in einer grossen Anzahl von Schriften findet. Wer einen aufrechtstehenden Apparat empfiehlt, bei dem Mikroskop und Kamera fest mit einander verbunden sind, rühmt als besonderen Vorzug dieser Anordnung, dass Erschütterungen, denen der Apparat während der Belichtung der Platte ausgesetzt ist, nicht nachtheilig wirken, da Kamera und Platte dieselben Bewegungen machen, wie Mikroskop und Objekt. Hätte man sich der Mühe unterzogen, diese Behauptung auf ihre Richtigkeit zu prüfen, so wären viele Platten und manche kostbare Stunde nicht unnöthig vergeudet. Der Versuch

ist überaus einfach: Man macht auf der Einstellscheibe eines derartig hergerichteten Apparates ein Merkzeichen (am zweckmässigsten mit Feder und Tinte) und beobachtet nach genauerster Einstellung mit der Lupe den Punkt des Bildes, welcher mit diesem Merkzeichen zusammenfällt. Wird nun durch einen vorüberfahrenden Wagen, oder durch einen Menschen, welcher im Zimmer auf- und abgeht, der Apparat erschüttert, so sieht man, dass der beobachtete Bildpunkt seine Lage gegen das angebrachte Merkzeichen unaufhörlich wechselt. Die Schwingungen des Objekts sind also andere, als diejenigen der Einstellscheibe.

Später empfahlen noch viele Andere (in jüngster Zeit z. B. ENGEL¹, CZAPLEWSKI², VAN HEURCK³, HINTERBERGER⁴, PRINGLE⁵ u. s. w.), die Kamera durch ein besonderes Gestell zu stützen. Da es nun völlig gleichgültig ist, ob diese Stütze 1, 2, 3 oder 4 Füsse hat, so brauchen wir auf die einzelnen Konstruktionen nicht genauer einzugehen⁶. Die Apparate von CZAPLEWSKI und VAN HEURCK besitzen einen schwerfälligen Kastenaufbau, „um störendes Seiten- und Oberlicht auszuschliessen“. Ein Pappschirm oder schwarzes Tuch würden, wenn nöthig, denselben Zweck erfüllen.

In der geschichtlichen Entwicklung der Apparate fortlaufend, erwähnen wir den alten Apparat von MÖLLER und EMMERICH in Giessen⁷ (Figur 7). Das ganze Instrument ruht zwischen zwei Säulen und ist um eine wagerechte Achse drehbar. Der Apparat kann daher sowohl in wagerechte, wie in senkrechte Stellung gebracht werden. Diese Anordnung blieb vorbildlich für viele spätere Konstruktionen.

Das im Jahre 1866 zu Paris herausgegebene, epochemachende Werk von Dr. A. MOITESSIER: „La photographie appliquée aux recherches micrographiques“, welches zwei Jahre später in deutscher Bearbeitung

¹⁾ Berliner klinische Wochenschrift 1893, No. 47.

²⁾ Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie Bd. XIII, 1896, S. 147.

Internationale photographische Monatsschrift für Medicin Bd. III, 1896, S. 358.

³⁾ VAN HEURCK, „Le Microscope“. 4. Auflage. S. 215.

EDER's Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik für 1893 S. 291.

⁴⁾ EDER's Jahrbuch für 1893 S. 325.

⁵⁾ Journal of the Royal Microscopical Society 1893 S. 695.

⁶⁾ Wer mit Vorrichtungen dieser Art arbeiten will, sei, wofern er es nicht vorzieht, sich von irgend einem Tischler ein die Kamera tragendes Gestell fertigen zu lassen, auf die neuen Modelle von ZEISS, LEITZ, SEIBERT, REICHERT, WINKEL und Anderen verwiesen. Vergl. auch: V. Abschnitt No. 1 (Aufnahme von Objekten, die in flüssigen Medien eingebettet sind).

⁷⁾ DIPPEL, L., Das Mikroskop und seine Anwendung. 1. Auflage Bd. I S. 211. Braunschweig 1872, Vieweg & Sohn.

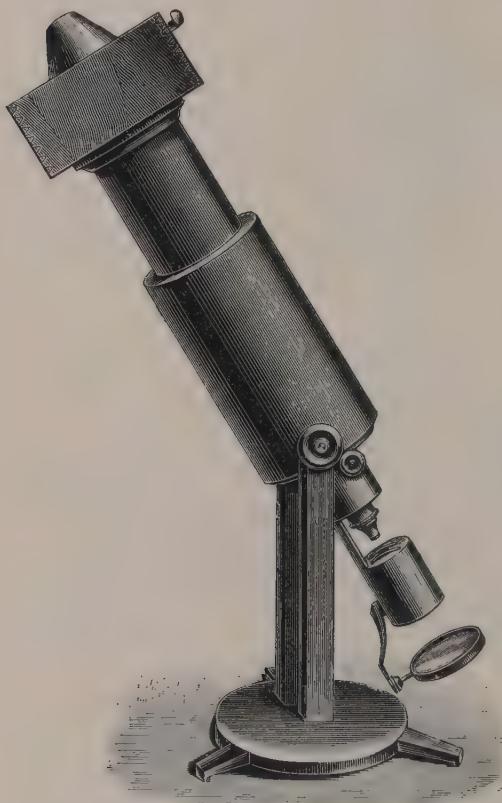
von BENECKE¹⁾ erschien, brachte auch in Bezug auf den Apparat manches Neue. MOITESSIER's Apparat für kleine Bilder besteht nur aus einer kleinen Kassette, welche mit der lichtempfindlichen Platte an Stelle des Okulars ohne Stütze auf dem Mikroskoprohr befestigt wird. Um mehrere Aufnahmen schnell hintereinander fertigen zu können,

richtete MOITESSIER die Kassette für eine grössere Platte ein und traf Vorkehrungen, dass 6 Aufnahmen auf dieser Platte geschehen konnten. In diesem Falle musste die Kassette jedoch wegen ihres erheblichen Gewichtes durch ein Gestell gestützt werden (MOITESSIER, S. 111 und 122). BENECKE konnte es sich nicht versagen, die Sache noch verwickelter zu machen: er konstruierte eine solche Kassette für 8 Aufnahmen (BENECKE, S. 55).

Die auf diese Weise erzielten Bilder sind jedoch so winzig klein, dass sie eine mit Mühen und Kosten verbundene, nachträgliche Vergrösserung benötigen. Hierdurch werden die Vortheile

aufgehoben, welche darauf beruhen, dass man das vom Objektiv erzeugte Bild an genau derselben Stelle entstehen lässt, wo es für die gewöhnliche Okularbeobachtung zu Stande kommt. Man hat dies Verfahren später

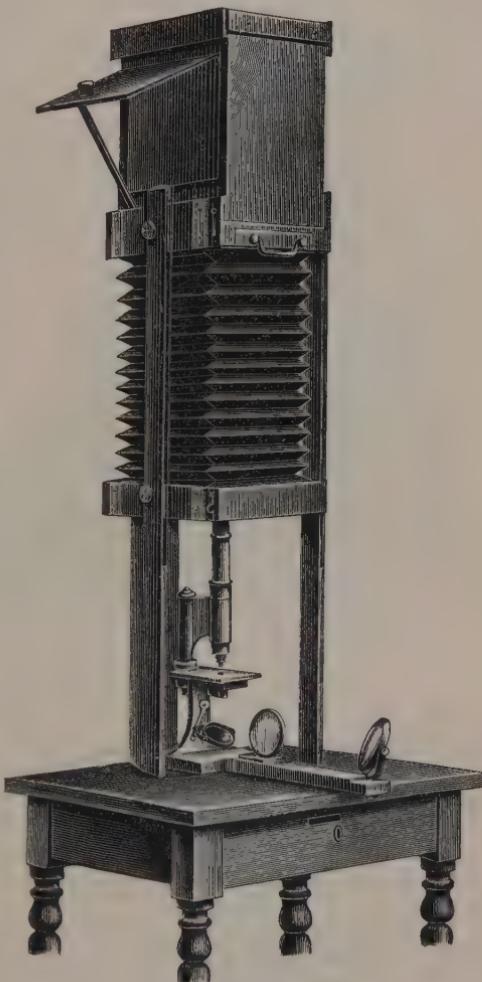
¹⁾ BENECKE, B., Die Photographie als Hilfsmittel mikroskopischer Forschung. Braunschweig 1868, Vieweg & Sohn.



so gut wie gänzlich verlassen; nur VAN HEURCK (Antwerpen) bediente sich in neuerer Zeit noch desselben.

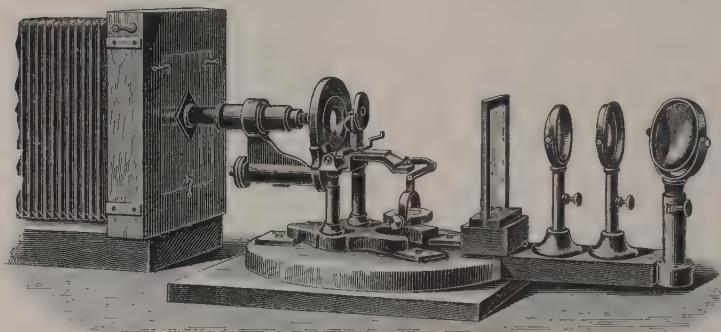
Der soeben beschriebene kleine Apparat von MOITESSIER,¹ bei dem natürlich das Mikroskop in gewöhnlicher senkrechter Stellung verbleibt, hat ausser dem unter dem Objekttisch angebrachten Kondensor und Spiegel einen sogenannten Schlitten für die Aufnahme verschiedener zur Beleuchtung dienender Vorrichtungen (matte Scheibe, Sammellinse, Küvette u. s. w.). Dieser wage-recht auf einer runden Holzscheibe, welche auch das Mikroskop trägt, angebrachte Schlitten besteht aus zwei fest mit einander verbundenen Schienen, zwischen welchen sich die genannten Gegenstände hin- und herbewegen lassen. Er bildet einen unerlässlichen Bestand-theil aller besseren mikro-photographischen Apparate, sowohl der wage-rechten, als auch der senkrechten.

MOITESSIER's senkrechter Apparat für direkte starke Vergrösserungen (Figur 8) zeigt eine über das Mikroskop zu setzende, von drei Holzleisten getragene Balgkamera, an deren oberem Ende ein 20 cm langer, hölzerner Kasten mit seitlicher, lichtdicht schliessender Thür sich befindet. Zur feinen Einstellung wird anstatt einer matt-



geschliffenen Glasscheibe eine mit weissem Papier überzogene Tafel verwendet. Das auf dieser Tafel durch das Objektiv entworfene Bild betrachtet man von vorn durch die seitlich angebrachte Thür. Bei Arbeiten mit schwachen Objektiven und kräftiger Beleuchtung eignet sich das weisse Papier sehr gut zur scharfen Einstellung; bei starken Vergrösserungen ist es jedoch nicht brauchbar, weil man sich demselben nicht in ausgiebiger Weise von der Seite her nähern kann, ohne das Gesichtsfeld zu verdunkeln.

Da auch MOITESSIER die Schattenseiten der senkrechten Apparate kennen lernte, konstruirte er, wie ehedem POHL in Wien (s. Figur 2), eine Vorrichtung mit senkrechtem Mikroskop aber wagerechter Kamera; oben auf den Mikroskopbus steckte er ein Prisma mit totaler Re-

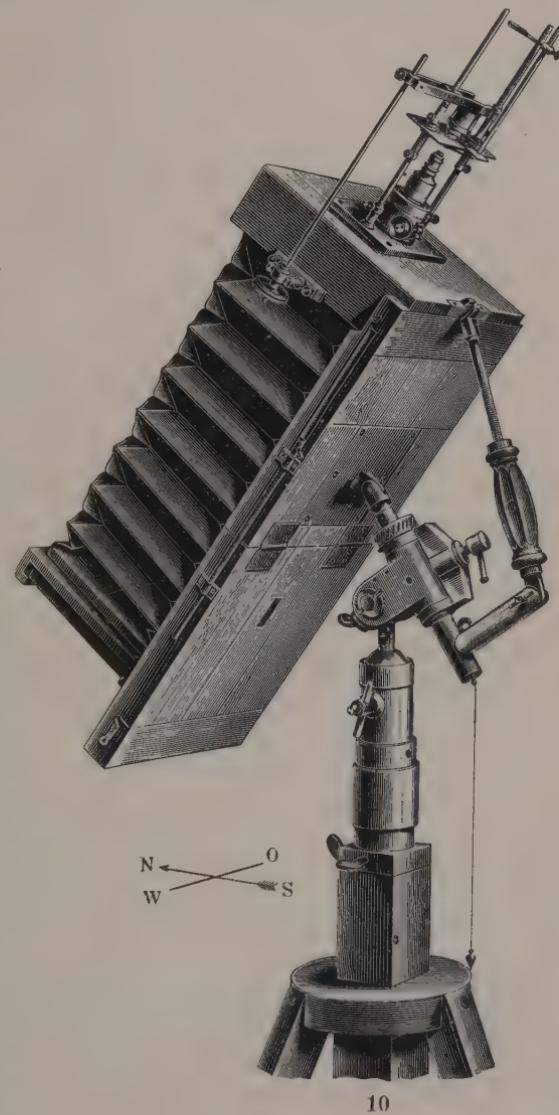


flexion. Die feine Einstellung geschieht auch hier auf weissem Papier; man öffnet die am Kamera-Ende seitlich angebrachte kleine Thür und betrachtet, während die Hand an der Mikrometerschraube dreht, das auf dem Papier entworfene Bild. Dieser Apparat ist demjenigen von POHL durch seinen viel längeren Auszug überlegen; die feste Verbindung zwischen Mikroskop und Kamera muss dagegen als ein Rücksschritt gegen POHL's Apparat bezeichnet werden.

Endlich beschreibt MOITESSIER auch einen Apparat, bei dem das durch einen umlegbaren Fuss in wagerechte Lage gebrachte Mikroskop mit wagerechter Kamera fest verbunden ist (Figur 9). Durch diese Anordnung, welche einen gewaltigen Fortschritt gegenüber den bis dahin üblichen Konstruktionen bedeutet, kommt das total reflektirende Prisma in Fortfall; auch kann das Objekt direkt von unten ohne Zwischenschaltung eines Spiegels beleuchtet werden.

Freilich liess sich auch, wie wir sahen, der Apparat von MÖLLER und EMMERICH (Figur 7) in wagerechte Lage bringen und schon vor MOITESSIER hatte der Amerikaner O. N. ROOD im Jahre 1862 einen wagerechten, mit umlegbarem Mikroskop versehenen Apparat beschrieben¹, doch gebührt MOITESSIER der Ruhm, mit Nachdruck auf die Vorzüge dieser Anordnung hingewiesen zu haben (MOITESSIER, S. 135).

Nach MOITESSIER's Meinung ist das umgelegte Mikroskop nur zum Photographiren fest verkitterter Objekte zu verwenden, die sich ohne Schaden in senkrechter Lage auf dem Objekttisch durch Klemmfedern befestigen lassen. Das ist eine durchaus irrige Meinung; denn in Folge von Adhäsion des Deckgläschens ist auch bei den in flüssigen Medien eingebetteten Präparaten das Bestreben herunterzusinken geringfügig, wofern nur recht



¹⁾ Quart. Journal N. Ser. VIII, 1862, S. 261.

wenig Flüssigkeit zwischen Objekträger und Deckgläschchen sich befindet. —

Um bei Anwendung von Sonnenlicht den Spiegel überflüssig zu machen, welcher selbst bei wagerechter Lage des Mikroskops erforderlich wird, kam BENECKE, der Uebersetzer des MOITESSIER'schen Werkes, auf den Gedanken, den ganzen mikrophotographischen Apparat wie ein Fernrohr auf parallaktischem Stativ zu befestigen und bei der Aufnahme direkt der Sonne zuzukehren¹. Die hierbei verwendete Balgkamera kann auf 1 m Länge ausgezogen werden. Das Grundbrett derselben besteht der bequemeren Handhabung wegen aus zwei durch Scharniere verbundenen und durch starke Riegel in einer Ebene zu vereinigenden Hälften. Die Kamera trägt an ihrer Vorderfläche eine Messingplatte, in deren Mitte der durch Zahn und Trieb vor- und rückwärts zu bewegende Tubus steckt. Zu beiden Seiten des Tubus stehen zwei runde Stangen, auf denen sich der Objekttisch mit Hilfe eines Hebels und der seitlich angebrachten Mikrometerschraube verschieben lässt.

Hat man den Apparat auf wagerechter Ebene genau im Meridian des Ortes aufgestellt, so ist nur nöthig, ihn am Morgen nach der Sonne zu richten, um letzterer während des ganzen Tages durch Drehung einer archimedischen Schraube zu folgen.

Der Apparat kann leicht in einen senkrechten verwandelt und mit dem nöthigen Spiegel in Verbindung gebracht werden; zu diesem Zwecke wird das parallaktische Zwischenstück beseitigt und die Kamera direkt an der senkrechten Säule befestigt. Die Einstellung geschieht auf matter Glasplatte oder ohne Platte mit Hilfe einer Einstellupe. Letztere ist über der centralen Oeffnung eines rechteckigen, dünnen Holz- oder Metalltäfelchens, dessen lange Seite an Grösse der angewandten Platte gleicht, in solcher Stellung ein für alle Mal befestigt, dass sie für eine Ebene, auf welche das Holztäfelchen aufgesetzt wird, vollkommen scharf eingestellt ist. Bringt man diese Lupe statt der lichtempfindlichen Platte in die in den Apparat eingeschobene Kassette, so liegt jedes mit derselben scharf eingestellte Bild genau in der Ebene der lichtempfindlichen Schicht. Dabei erlaubt die Schmalheit des Holztäfelchens die Lupe über das Gesichtsfeld hinwegzuführen und verschiedene Theile desselben zu beobachten.

BENECKE verräth uns nicht, wie er mit diesem Apparat dasjenige Gesichtsfeld, welches er zu photographiren gedachte, überhaupt auf-

¹⁾ A. a. O. S. 65, und BENECKE, Beiträge zur mikrophotographischen Technik: Archiv für mikroskopische Anatomie 1867 S. 61.

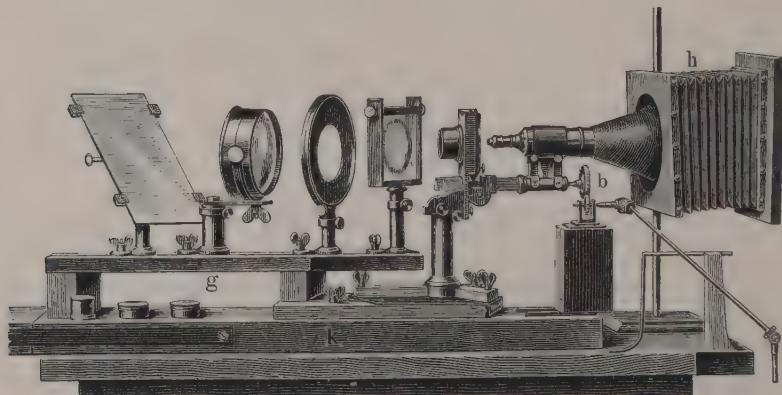
fand. Der Tubus ist fest mit dem Stirnbrett der Kamera verschraubt, so dass von einem Suchen bei gewöhnlicher Okularbeobachtung keine Rede sein kann. Wer es einmal versuchte, unter Beobachtung des Bildes auf der matten Scheibe ein bestimmtes Gesichtsfeld aus einem Objekt von einigem Umfang herauszufinden, wird kaum begreifen, dass BENECKE nicht in erster Linie dafür Sorge trug, diesem Uebelstande abzuhelfen. Ueberdies ist die parallaktische Aufstellung, welche nur den Zweck hat, den Spiegel überflüssig zu machen, völlig werthlos, da bei der grossen Kraft des Sonnenlichtes die durch einen, oder sogar zwei Spiegel herbeigeführten Lichtverluste keine Rolle spielen.

In der Folgezeit erfuhr der mikrophotographische Apparat durch Prof. FRITSCH¹ wesentliche Verbesserungen. Das Hauptbestreben von FRITSCH war darauf gerichtet, die verschiedenen Theile: Kamera, Mikroskopstativ und Beleuchtungsvorrichtung möglichst von einander zu trennen. Er senkt den umlegbaren, hufeisenförmigen Fuss des Mikroskops in den Ausschnitt eines massiven Brettes ein, welches durch aufgesetzte Stücke mit querer Faserung am Ziehen und Verbiegen gehindert wird. Das Mikroskop nimmt in dem Ausschnitt seinen festen, unverrückbaren Stand; die gewöhnliche photographische Kamera wird mit ihrer Vorderseite dicht an das Fussbrett des Mikroskops geschoben, mit diesem Brett jedoch nicht verbunden. Da die Kamera, um hinreichend grosse Bilder zu ermöglichen, einen langen Auszug besitzen muss, so wird es nöthig, die Mikrometerschraube zu verlängern. FRITSCH ersetzt den gewöhnlichen Kopf der Mikrometerschraube durch einen mit Zahnrad versehenen Kopf, welcher mit einem Trieb von nur halb so viel Zähnen in Verbindung steht (*b* in Figur 11). Dieser Trieb wird gedreht durch eine wagerechte Achse, welche mittels zweier Kugelgelenke und eines 15 cm langen Zwischenstücks mit einem Holzstab derart verbunden ist, dass jede Drehung des letzteren eine Bewegung der Einstellschraube hervorruft. Der Holzstab liegt frei neben der Kamera, damit nicht die bei dem Oeffnen und Schliessen des Kassettenziehers unvermeidliche Erschütterung der Kamera sich auf das Mikroskop fortpflanzen kann. Der Trieb ruht auf schwerem Metallfuss. Die feine Einstellung geschieht auf durchsichtiger Spiegelglasscheibe mit Hilfe der Einstelllupe. Zur lichtdichten Verbindung von Tubus und Kamera befindet sich am Stirnbrett der letzteren ein schwarzer, mit Schnürzug versehener Aermel, der sich über den Tubus zusammenziehen lässt. Ein Schlitten nimmt die zur Beleuchtung nothwendigen Gegen-

¹⁾ FRITSCH, G., Beitrag zur Kenntnis der mikroskopischen Photographie: „Licht“, Zeitschrift f. Photographie Jahrg. I. Berlin 1869.

stände, wie Spiegel, Küvette, Blenden und Sammellinse auf, die zur Ermöglichung genauester Centrirung insgesammt auf Trägern ruhen, welche nicht nur in der Höhe, sondern auch nach rechts und links verstellbar sind. Ein fester, schwer zu erschütternder Tisch trägt den ganzen Apparat.

Die von FRITSCH empfohlene Anordnung gestattet vor Beginn der eigentlichen photographischen Arbeit das aufzunehmende Präparat mit Hilfe des Okulars unbehindert zu durchmustern, die zur Aufnahme am meisten geeignete Stelle aufzusuchen, die Beleuchtung zu regeln und dann erst durch Heranschieben der photographischen Kamera und Ueberziehen des lichtdichten Aermels den Tubus mit der Kamera in Verbindung zu bringen.

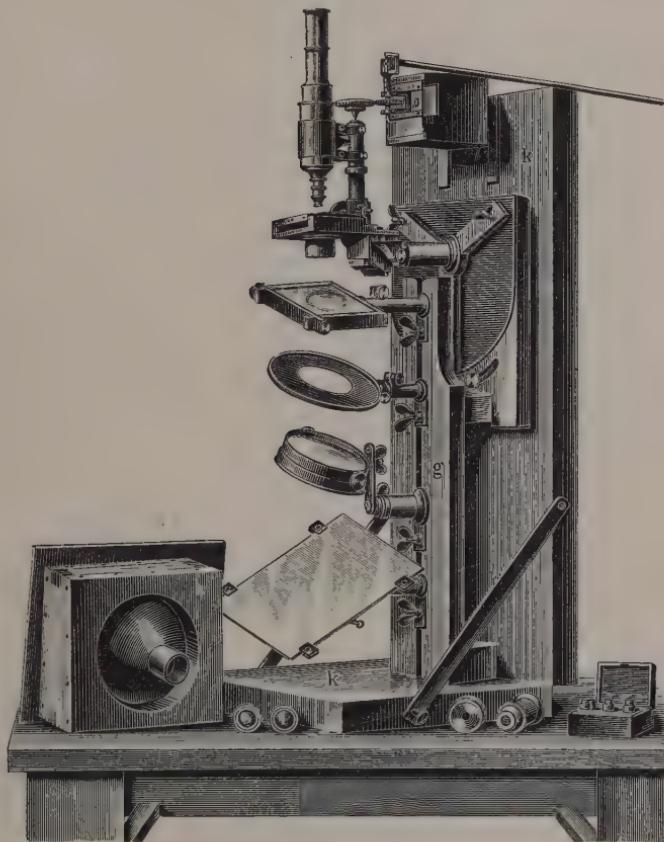


11

R. KOCH¹, welcher sich zu seinen vortrefflich gelungenen Aufnahmen des Apparates von FRITSCH bediente, schlug vor, um sowohl Kamera wie Mikroskop unverändert stehen lassen, und dennoch ohne Umstände jederzeit in den Tubus blicken zu können, ein trichterförmiges Ansatzrohr am Stirnbrett der Kamera anzubringen, welches sich ohne Verschiebung des Mikroskops oder der Kamera leicht abnehmen lässt und eine solche Länge besitzt, dass nach Entfernung desselben der Kopf des Beobachters zwischen Kamera und Tubus Platz findet.

— — —
¹) KOCH, R., Untersuchungen über Bakterien: COHN, Beiträge zur Biologie der Pflanzen Bd. II S. 411. Breslau 1877.

Später nahm FRITSCH¹ einige nicht wesentliche Veränderungen an seinem Apparate vor und nannte denselben, welcher nunmehr für starke und schwache Vergrösserung, in wagerechter wie senkrechter Stellung gleich brauchbar erscheint, mikrophotographischen Universalapparat. Die Firma SEIBERT und KRAFFT in Wetzlar führte den Apparat aus



12

(Figur 11 und 12): Der ungewöhnlich weite Tubus wird durch Zahn und Trieb am Prisma, aber ausserdem noch durch freie Schiebung bewegt, so dass ein Bildwinkel von etwa 35° bei Fokalabständen, die auch

¹⁾ Bericht über die allgemeine deutsche Ausstellung a. d. Gebiete der Hygiene und des Rettungswesens, Berlin 1882-83. Herausgeg. von Dr. PAUL BÖRNER Bd. I S. 100. Breslau 1885.

den kleinen Aplanaten genügen, zur Verwendung kommen kann. Der drehbare Objektisch lässt sich entfernen, und es wird dadurch eine Oeffnung von 4 cm Durchmesser für die Beleuchtung frei. Ein oben über den Tubus gezogener Metallring ist an einem kegelförmig geschnittenen Tuchsack lichtdicht befestigt. Letzterer sitzt an einem kurzen Zwischenbalg h und vermittelt so die Verbindung mit dem Stirnbrett einer gewöhnlichen, hier nicht gezeichneten, photographischen Kamera. Der Zwischenbalg vertritt die Stelle des von KOCH empfohlenen trichterförmigen Ansatzrohres; er ermöglicht, ohne irgend einen Theil zu rücken oder stärker zu erschüttern, bei zusammengelegtem Balg den Kopf zwischen Kamera und Mikroskop zu bringen. Die freie Einstellung geschieht wie bei dem früheren Apparat mit Hilfe des HOOKE'schen Schlüssels. Auch die Aufstellung der Beleuchtungsvorrichtungen auf dem Schlitten g (Planspiegel, Sammellinse, Blende, matte Scheibe, Küvette) ist nicht verändert. Sind alle Theile durch ihre Schrauben festgestellt, so genügt die Aufrichtung des im Scharnier beweglichen Fussbrettes k (Figur 12), um Mikroskop nebst Beleuchtungsapparat in senkrechte Stellung zu bringen. Dann hat das Präparat wagerechte Lage, welche natürlich auch der photographischen Platte anzusehen ist. Dies geschieht am einfachsten durch Aufhängen der photographischen Kamera in entsprechender Höhe an senkrechter Wand über dem Mikroskop. Hierdurch erwachsen keine anderen nennenswerthen Schwierigkeiten, als dass man das Bild auf der Visirscheibe unter Benutzung eines Trittbrettes beobachten muss.

Der Apparat von FRITSCH bedeutet einen bemerkenswerthen Fortschritt in der Entwicklung der mikrophotographischen Apparate. Sind, wie dies früher fast allgemein geschah, Mikroskop und Kamera fest mit einander verbunden, so kann schon durch Aufsetzen der Lupe auf die Visirscheibe die feine Einstellung verändert werden; noch weit grösser sind die Störungen, welche das Einschieben der Kassette und das Aufziehen des Schiebers verursachen. Der hierbei auf die Kamera ausgeübte Druck überträgt sich auf den Tubus und bewirkt eine Aenderung in dem Abstand des Objektivs vom Objekt. Am meisten fällt diese Erscheinung bei Verwendung starker Objektive ins Gewicht.

Wenn auch vereinzelte Mikrophotographen vor FRITSCH, wie POHL und WESELSKY (Figur 2), HARTING (Figur 6), REICHARDT und STÜRENBURG¹, Tubus und Kamera durch einen lichtdichten Aermel

¹⁾ REICHARDT und STÜRENBURG, Lehrbuch der mikroskopischen Photographie. Leipzig 1868, Quandt & Händel. — Da der von R. u. St. beschriebene Apparat von älteren Konstruktionen sich nicht wesentlich unterscheidet, so nahmen wir im Vorhergehenden von seiner Erwähnung Abstand.

locker verbanden, so geschah dies mehr des billigen Materials wegen, als in der ausgesprochenen Absicht, möglichste Trennung beider Theile herbeizuführen.

Die von FRITSCH empfohlene Anordnung von Kamera und Mikroskop auf gesondertem Laufbrett schützt in bester Weise vor Uebertragung der von der Kamera ausgehenden Erschütterungen auf das Mikroskop. Dass diese Anordnung auch den Vorzug hat, jede beliebige photographische Kamera für mikrophotographische Zwecke verwerthen zu können, bedarf nicht besonderer Erwähnung.

Ferner verdient die von FRITSCH angegebene Verlängerung der Mikrometerschraube vollste Anerkennung. Während man Anfangs nur mit so kurzer Balgenlänge arbeitete, dass die Erreichung der Mikrometerschraube mit der Hand keine Schwierigkeiten bereitete, musste, als das Verlangen nach stärkeren Vergrösserungen sich geltend machte und demzufolge die Balgenlänge wuchs, den veränderten Verhältnissen durch besondere Vorkehrungen Rechnung getragen werden. MOITESSIER¹ schlägt ein System von Hebeln und Schrauben vor, mittels dessen man die Mikrometerschraube aus grösserer Entfernung bequem bewegen könne; vortheilhafter sei es jedoch, das auf weisses Papier entworfene Bild durch eine an der Kamera seitlich angebrachte Thür von vorn zu betrachten, wobei selbst bei langem Auszug die Erreichung der Mikrometerschraube ohne Weiteres gelingt.

Der Amerikaner ROOD stellt bei seiner im Vorgehenden nur kurz erwähnten Kamera (s. S. 13) hinter der Einstellscheibe einen Planspiegel derart auf, dass man vom Mikroskop aus das auf der matten Scheibe entworfene Bild sieht. Ueber dies Verfahren, welches STEIN später als das seinige beschrieb, ist zu bemerken, dass eine scharfe Einstellung feinster Einzelheiten bei starken Vergrösserungen hierdurch niemals ermöglicht wird, auch dann nicht, wenn man wie STEIN sich zur Beobachtung des Bildes eines kleinen Fernrohrs oder eines guten Opernglasses bedient.

BENECKE's grosser Apparat (Figur 10) besitzt zur feinen Einstellung eine an der Kamera seitwärts angebrachte lange Schraube, welche mit der Hand bequem erreichbar ist, während das Auge das Bild auf der Einstellscheibe mustert.

Die von FRITSCH bei langer Kamera empfohlene feine Einstellung mit Hilfe des HOOKE'schen Schlüssels ist einerseits deshalb unübertrefflich, weil sie die feinste Bewegung der Mikrometerschraube auf

¹⁾ A. a. O. S. 128.

²⁾ STEIN, Das Licht. Heft 2 S. 231.

jede beliebige Entfernung hin gestattet, und weil sie andererseits, worauf FRITSCH mit Recht besonderes Gewicht legt, Erschütterungen der Kamera nicht auf das Mikroskop überträgt, was stets zu fürchten ist, wenn die Verlängerung der Schraube fest mit der Kamera in Verbindung steht.

Einen grossen Fortschritt bezeichnet endlich die von FRITSCH angegebene feine Einstellung auf durchsichtiger Spiegelglasscheibe mit Hilfe der Einstellupe. Wir erinnern daran, dass man schon sehr früh darauf bedacht war, das grobe Korn der gewöhnlichen matten Scheibe durchsichtiger zu machen. POHL empfahl im Jahre 1852 (s. S. 3) die Scheibe einzölten; GERLACH ersetzte das Glas durch dünnes, durchsichtiges Pauspapier (S. 5); MOITESSIER verwendete eine mit weissem Papier überzogene Tafel und BENECKE betrachtete das Bild ohne jede Scheibe nur mit Hilfe der Einstellupe. Während ein auf weissem Papier entworfenes Bild bei schwachen Vergrösserungen leicht scharf einzustellen ist, so versagt diese Methode doch bei lichtschwachen Objektiven. Das Verfahren von BENECKE ist demjenigen von FRITSCH am ähnlichsten, doch verhindert das als Führung der Lupe nothwendige Holztäfelchen, das Bild in seiner ganzen Ausdehnung zu prüfen.

REICHARDT und STÜRENBURG¹ ersetzen die matte Scheibe durch eine Jodsilberplatte, welche sie folgendermassen herstellen: Eine reine Glasplatte wird mit jodirtem Kollodium überzogen, in das Silberbad getaucht, mit Wasser abgewaschen und schliesslich mit einer Lösung von Jodkalium übergossen, wodurch die Schicht ihre Lichtempfindlichkeit verliert. Nun wäscht man nochmals ab und lässt trocknen.

Die Mikrophotographen waren völlig mit Blindheit geschlagen, indem sie nicht merkten, dass jede künstlich hervorgebrachte Trübung des Glases die feine Einstellung erschwert. Feinste Einstellung lässt sich nur nach der von FRITSCH angegebenen Methode auf durchsichtiger Spiegelglasscheibe mit Hilfe der Einstellupe bewerkstelligen. Die Lupe muss hierbei so gestellt sein, dass ein auf der Unterseite der Scheibe eingeritztes Kreuz beim Aufsetzen der Lupe auf das Glas scharf erscheint. Das unbewaffnete Auge sieht auf der durchsichtigen Scheibe überhaupt Nichts; will man über Lage, Grösse und gröbere Einzelheiten des Bildes einen allgemeinen Ueberblick gewinnen, so ist die matte Scheibe einzusetzen.

Vor wenigen Jahren empfahl FRANCOTTE², als Einstellscheibe eine durchsichtige Scheibe aus gelbem Glase zu verwenden, welche sowohl

¹⁾ A. a. O. S. 19.

²⁾ Journal of the Royal Microscopical Society 1892 S. 270.

zu allgemeiner Orientirung über das Bild, wie zu feinster Einstellung mit Hilfe der Lupe verwendbar sei. Etwas Wahres liegt in dieser Behauptung, da die meisten gelben Gläser eigentlich sehr feine Mattscheiben sind. Der gelbe Farbstoff pflegt nämlich im Glase in Gestalt feinster Körner vertheilt zu sein. Wer also durchaus mit einer Scheibe auskommen will, mag eine derartige Gelbscheibe benutzen; Mattscheibe und farblose, durchsichtige Spiegelscheibe werden hierdurch niemals verdrängt werden.

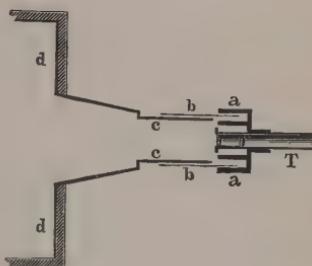
Auch alle anderen, neuerdings angegebenen Methoden zur Herstellung von Scheiben mit feinster Mattirung¹ sind für den Mikrophotographen werthlos.

Anstatt mit dem mikrophotographischen Apparat von FRITSCH ihr Heil zu versuchen, hatten beinahe alle Jünger der mikrophotographischen Kunst nichts Eiligeres zu thun, als selbst einen „neuen“ Apparat zu konstruiren. Ein Ersetzen der Kamera durch ein Papprohr oder durch ein mit Zeug überzogenes Drahtgestell musste als wichtige Neuerung herhalten. Es würde einen stattlichen Band füllen, wollten wir auf all die mitunter geradezu lächerlichen Ungethüme genauer eingehen, bei denen es zweifelhaft ist, ob man mehr die Unwissenheit oder den unpraktischen Sinn ihrer Verfertiger bewundern muss. Was soll man z. B. von den praktischen Erfahrungen eines BÉZU, HAUSSER & Co.² halten, welche in neuerer Zeit ein grosses, vierbeiniges Ungethüm bauten, bei dem die Visirscheibe in eine Seitenwand eingelassen ist? Natürlich wird hierbei das Instrumentarium durch einen Spiegel in der Kamera vermehrt, welcher die Strahlen auf diese Scheibe wirft.

In einem wesentlichen Punkte wurde die von FRITSCH getroffene Anordnung später noch verbessert: Selbst der lichtdichte Aermel kann nämlich Erschütterungen der Kamera auf das Mikroskop übertragen und ein Verderben der Aufnahmen herbeiführen. Als vollkommenste, lichtdichte Verbindung zwischen Mikroskop und Kamera gilt daher jetzt diejenige, wo sich beide Theile überhaupt nicht berühren. Eine diese Forderung erfüllende Vorrichtung (Figur 13) wurde von ZEISS an-

¹⁾ z. B. TOCH's Vorschlag, betreffend die Bariumsulfatplatte: Photographiche Rundschau 1893, Heft 6 S. 198.

²⁾ Journal de Micrographie Bd. XIII S. 189.



13

gegeben: In eine am Tubus *T* angebrachte doppelte Kapsel *a* schiebt sich eine Hülse *b* ein, die ihrerseits genau auf ein am Stirnbrett *d* der Kamera befestigtes Rohr *c* passt. ZEISS bewerkstelligte das Hineinschieben der Hülse in die Kapsel bei seinen älteren Apparaten mittels Zahn und Trieb¹.

Obgleich die an dem Apparate von FRITSCH angebrachte Verlängerung der Mikrometerschraube mittels des HOOKE'schen Schlüssels allen Anforderungen genügt, so wurden doch, weil ein gut gearbeiteter HOOKE'scher Schlüssel ziemlich theuer ist (der von ZEISS gelieferte,

vorzüglich gearbeitete Schlüssel kostet 30 Mark), in der Folgezeit verschiedene Versuche gemacht, diese Verlängerung auf anderem Wege zu bewerkstelligen. Sehr häufig brachte man neben der Kamera einen fest mit derselben verbundenen, um seine Achse drehbaren Metallstab an, der an seinem dem Mikroskop zugekehrten Ende ein für Schnurlauf eingerichtetes Rädchen trägt; der Kopf der Mikrometerschraube ist durch ein gleiches Rädchen ersetzt. Beide Räder werden nun durch eine Schnur derart verbunden, dass jede Drehung des Metallstabes eine Drehung der Mikrometerschraube zur Folge hat. Abgesehen davon, dass hierdurch Erschütterungen der Kamera leicht auf das Mikroskop sich übertragen, hat diese Anordnung noch den Nachtheil, dass die Schnur einen seitlichen Zug auf den Tubus ausübt,

wodurch die feinste Einstellung bei Anwendung starker Objektive erschwert wird.

H. W. WALMSLEY suchte auf anderem Wege zum Ziele zu kommen: Er legte um den Kopf der Mikrometerschraube eine Schnur und leitete dieselbe über zwei, rechts und links vom Fuss des Mikroskops angebrachte Rollen längs der Kamera bis zur Einstellscheibe. Wenn die Mikrometerschraube leichten Gang hat, so kann man bei Anwendung schwacher Objektive hiermit einstellen. Bei starken Objektiven, wo es

¹⁾ ZEISS, Katalog über Mikroskope und mikroskopische Hilfsapparate S. 68. Jena 1885.

auf geringfügigste Drehungen der Schraube ankommt, ist dieser Schnurlauf nicht zu brauchen. Hier wirkt auch der seitliche Zug, den das Mikroskop erleidet, äusserst nachtheilig.

Im Jahre 1885 konstruierte Verf.¹ eine Verlängerung der Mikrometerschraube (Figur 14), welche auch bei stärksten Objektiven feinste Einstellung gestattet: Zwei längs der Kamera über Rollen *a* gleitende Schnüre *b* stehen mit einem zangenartigen Instrument *c-d* in Verbindung, welches man am Kopf der Mikrometerschraube *e* festklemmt. Der Stiel der Zange *c* besteht aus leichtem Holz, der obere Theil *d* aus Metall. Es leuchtet ein, dass jeder Zug an den Schnüren *b* eine geringfügige Drehung der Mikrometerschraube zur Folge hat. Die Erfahrung lehrt, dass man mit Hilfe dieser fast kostenlosen Vorrichtung selbst bei Anwendung stärkster Immersionen überaus fein einstellen kann. An Stelle der zangenartigen Klemme (*d-d*) lässt sich auch ein Ring verwenden, welcher mit Hilfe einer Schraube am Kopfe der Mikrometerschraube festgeklemmt wird.

Bevor man die Zange an die Mikrometerschraube anklemmt, muss, da unsere Vorrichtung etwa nur eine Viertelumdrehung der Schraube gestattet, das Bild auf der Visirscheibe leidlich scharf eingestellt sein. Man erreicht dies ohne Schwierigkeit, indem man nach Zusammensetzung des Apparates durch Vorwärts- oder Rückwärtsdrehen der Mikrometerschraube so lange probirt, bis leidliche Schärfe auf der Scheibe erzielt ist. Trägt die Mikrometerschraube oben einen kurzen cylinderförmigen Fortsatz, so lässt sich zur groben Einstellung auch folgendermassen verfahren: Man zieht über diesen Fortsatz ein etwa fingerlanges, eng anschliessendes Stück Gummischlauch und steckt in das freie Ende des letzteren einen Holzstab derart, dass das Ende dieses Stabes den soeben erwähnten Fortsatz berührt. Obgleich nun (wegen der vorgelagerten Kamera) dieser Holzstab mit der Achse der Mikrometerschraube einen Winkel bildet, so folgt die Schraube doch willig jeder Drehung des Stabes. Nach erzielter grober Einstellung wird der Schlauch abgezogen und die Zange mit den Schnüren angesetzt.

Beim Arbeiten mit schwachen Objektiven ist übrigens der Holzstab mit dem Gummischlauch für beste Einstellung vollständig ausreichend. Verfasser ersetzt jetzt den kurzen Gummischlauch durch eine am Holzstabe befestigte, kurze, an ihrem freien Ende mit der Kneifzange etwas plattgedrückte Metallröhre. Dem ursprünglich cylinderförmigen Fortsatz am Kopfe der Mikrometerschraube wurde durch

¹⁾ NEUHAUSS, R., Anleitung zur Mikrophotographie S. 8. Berlin 1887, Klönne & Müller.

Feilen viereckige Form gegeben, derart, dass sich die plattgedrückte Metallröhre leicht darüber stülpen lässt. Diese Vorrichtung hat vor dem mit Gummischlauch versehenen Holzstäbe den Vorzug, dass sie sich schnell ansetzen und wieder abnehmen lässt. Wer es nicht selbst ausprobirte, wird nicht glauben, wie leicht man, selbst bei mittelstarken Objektiven, mit dieser überaus einfachen Vorrichtung scharf einstellen kann.

Die in Figur 14 dargestellte Schnurlauf-Uebertragung kommt nur dann voll zur Geltung, wenn Kamera und Mikroskop auf getrennten Untersätzen aufgestellt sind, man also bei hinreichend langem Hebelarm (*c*) die Schnur unterhalb der Kamera bis zur Einstellscheibe leiten kann. Man fasst dann, während die rechte Hand die Einstelllupe führt, mit der linken Hand beide Schnüre, in derselben Art, wie der Kutscher die Leinen.

Der von JESERICH¹ empfohlene Schnurlauf setzt an einem Rade an, dessen wagerechte, mit Schraube ohne Ende versehene Achse den gezahnten Kopf der Mikrometerschraube bewegt. Ein Zahnrad, welches man bei diesen billigen Hilfsmitteln gern vermeiden will, wird hier also nothwendig.

Bei Mikroskopen, welche eine besondere Schraube für grobe Einstellung haben, will STENGLER² auch diese durch Schnurlauf in Bewegung setzen.

G. MARKTANNER-TURNERETSCHER³ ersann eine Verlängerung der Mikrometerschraube, welche mit der Schnurlauf-Uebertragung (Figur 14) gewisse Aehnlichkeit hat. Die an den Hebel *c* ansetzenden Schnüre sind durch ein schwaches, bis zum Einstellenden führendes und mit dem Hebel *c* durch Gelenk verbundenes Stäbchen ersetzt.

Im Jahre 1885 richtete sich das Bestreben des Verfassers darauf, Kamera und Mikroskop in noch vollkommenerer Weise zu trennen, als dies schon durch FRITSCH geschehen war. Zu diesem Zwecke wurden Mikroskop und Kamera je auf gesondertem Tisch aufgestellt. Man könnte vielleicht glauben, dies sei übertriebene Aengstlichkeit; und in der That: Wer nur mit schwachen und mittelstarken Trockensystemen arbeitet, mag getrost Kamera und Mikroskop auf denselben Tisch stellen, oder gar auf demselben Laufbrett anbringen. Anders jedoch, wenn man mit Immersionen zu thun hat; hier kann die Trennung beider Theile nicht peinlich genug durchgeführt werden.

¹⁾ JESERICH, Die Mikrophotographie S. 133. Berlin 1888.

²⁾ Centralblatt f. Bakteriologie u. Parasitenkunde Bd. III, 1888, No. 15.

³⁾ MARKTANNER-TURNERETSCHER, G., Die Mikrophotographie als Hilfsmittel naturwissenschaftlicher Forschung S. 45. Halle 1890, Knapp.

Die Aufstellung auf zwei Tischen bringt überdies die grosse Annehmlichkeit mit sich, dass man alle Verrichtungen am Mikroskop vor diesem sitzend in Ruhe und Bequemlichkeit ausführen kann. Nur muss das trichterförmige, am Stirnbrett der Kamera anzubringende, leicht abnehmbare Zwischenstück eine Länge von wenigstens 35 cm haben. Stehen Mikroskop und Kamera auf demselben Tisch, so ist das Seitwärtsbiegen des Kopfes, welches nothwendig wird, um in den Tubus hineinzublicken, auf die Dauer in hohem Grade ermüdend.

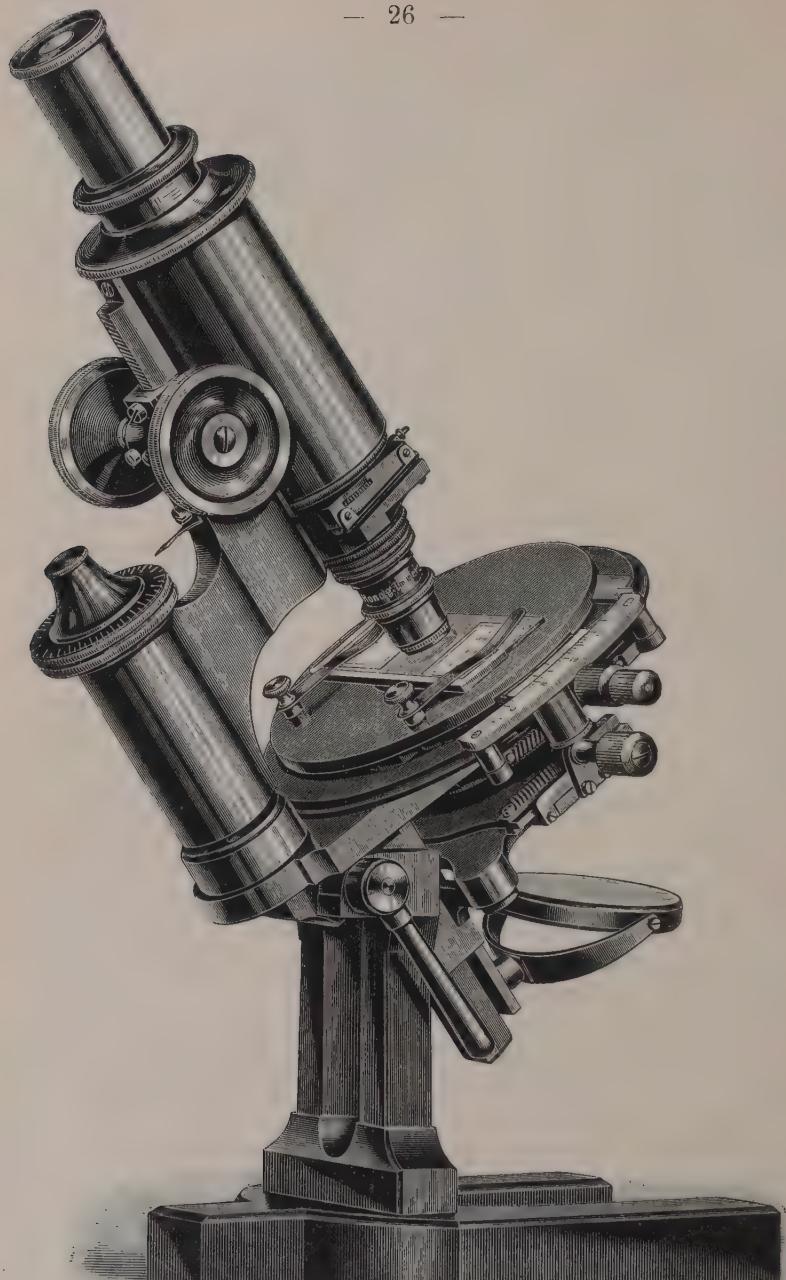
In der zweiten Hälfte der achtziger Jahre kam Dr. R. ZEISS bei seinen Bemühungen, ein für alle Zwecke brauchbares Instrument herzustellen, zu genau dem gleichen Resultat¹. Er ordnete beide Theile mit ihrem Zubehör, jeden für sich, auf besonderem Stativ an, um sie nur während der Aufnahme lichtdicht zu verbinden. Da dies Instrument als das vollendetste Modell eines mikrophotographischen Apparates gelten muss, so lassen wir genaue Beschreibung folgen.

Das Stativ (Figur 15) ist mit Zahn und Trieb zur groben, mit Mikrometerbewegung zur feinen Einstellung, mit Einrichtung zum Umlegen und rechtwinkliger Befestigung des umgelegten Obertheils ausgerüstet. Der aussergewöhnlich grosse Objekttisch hat zur leichten Durchmusterung des Präparates eine durch Mikrometerschrauben geführte Kreuzbewegung und ferner centrische Drehung. Er besitzt besonders grosse Tischöffnung für Benutzung ganz schwacher Objektive mit aussergewöhnlich grossem Gesichtsfeld. Der grosse ABBE'sche Beleuchtungsapparat ist in der optischen Achse durch Zahn und Trieb beweglich. Die drehbare Irisblende lässt sich excentrisch stellen.

Der Mikroskopotubus wurde in ungewöhnlich grossem Durchmesser konstruiert, theils zur Verminderung der Reflexwirkung an der inneren Wand, theils um die Möglichkeit zur Benutzung ganz schwacher Objektive zu geben, deren langer Fokus ihre Verwendung innerhalb des Tubus nöthig macht.

Die unermüdlich vorwärts strebende Firma ZEISS wird im Sommer d. J. (1898) ein neues Mikroskopstativ für mikrophotographische Arbeiten auf den Markt bringen. Vielfach machte sich nämlich der Wunsch geltend, einen noch grösseren Objekttisch zur Verfügung zu haben, um z. B. aus der Mitte von Hirnschnitten selbst mit stärksten Objektiven Aufnahmen machen zu können. Bei dem jetzigen Konstruktionstypus lässt sich eine solche Vergrösserung des Objekttisches nicht durchführen: durch den weit auslegenden Tubus würde die Mikrometerschraube in übermässiger Weise einseitig belastet werden.

¹) ZEISS, Special-Katalog über Apparate für Mikrophotographie. Jena 1888.



Bei dem neuen Modell ist daher die den Tubus tragende Säule fest mit dem Objekttisch verbunden; sie dient dabei, entsprechend den schon von Dr. HILDEBRAND¹ (Chicago) aufgestellten Forderungen, zur festen Handhabe beim Transport des Mikroskops. Die Mikrometerschraube hebt jetzt nicht mehr, wie früher, die ganze Säule und den Tubusarm; sie greift vielmehr an einem Zwischenstück an, welches die grobe Bewegung für den Tubus und diesen selbst trägt. So wird die Einseitigkeit der Belastung wesentlich verringert. Die Konstruktion der Mikrometerbewegung ist anders als früher und ermöglicht feinere und langsamere Einstellung. Dies wurde durch eine eigenartige Verbindung von Schnecken- und Zahntrieb erreicht. Fernerhin wurde dem Tubus der ungewöhnlich grosse Durchmesser von 5 cm gegeben, was für Ausnutzung der Projektionssysteme, welche ohne Okular zur Verwendung gelangen, insbesondere für die vorzüglichen Mikroplanare, zum Bedürfnis wird.

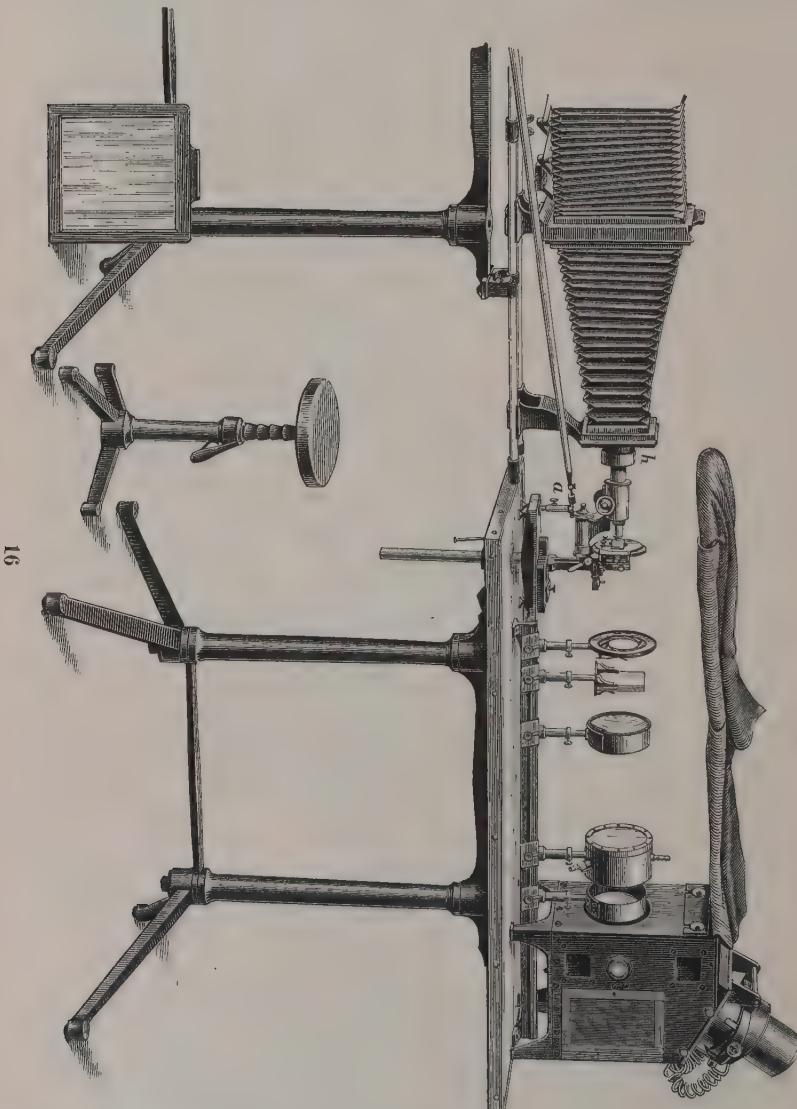
Das Stativ, welches natürlich auch für die gewöhnlichen mikroskopischen Arbeiten verwendbar ist, findet seine Aufstellung auf einem, mit festem eisernen Fusse ausgestatteten Mikroskopirtisch (Figur 16). Letzterer besitzt eine Tischplatte, an deren einem, der Kamera zugekehrten Ende das Stativ zu stehen kommt. Der mittlere Theil der Tischplatte wird eingenommen von der optischen Bank, die aus starker Metallschiene bestehend die Nebenapparate für die Beleuchtung trägt. Das andere Ende der Tischplatte ist zur Aufnahme der Lichtquelle bestimmt.

An dem Kamera-Ende des Metalluntersatzes für das Mikroskopstativ befindet sich eine Einrichtung *a*, welche die von der Kamera aus geschehende Bewegung eines Hooke'schen Schlüssels durch ein mit Gummi überzogenes Röhrchen auf die Mikrometerschraube des Mikroskopstatis zu übertragen bestimmt ist. Endlich zeigt der Tubus eine aufsteckbare doppelte Hülse *h*, in deren Zwischenraum ein entsprechendes, am Mikroskop-Ende der Kamera angebrachtes Hülsenstück sich beim Heranrollen der Kamera einschiebt und so die lichtdichte Verbindung bewirkt, ohne dass die Kamera das Mikroskop berührt.

Die Kamera ruht auf einem festen Gusseisenstativ und lässt sich, auf leichtem Eisenrahmen montirt, als Ganzes geräuschlos hin- und herschieben. Zum Zwecke der Aufnahme wird sie dem Mikroskop derart genähert, dass die oben (Figur 13) beschriebene lichtdichte Ver-

¹) Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie Bd. XII, 1896, Heft 2 S. 145.

bindung beider Theile zu Stande kommt. Die gesammte Balgenlänge beträgt 1,5 m; sie lässt sich durch Zusammenschieben beliebig ver-



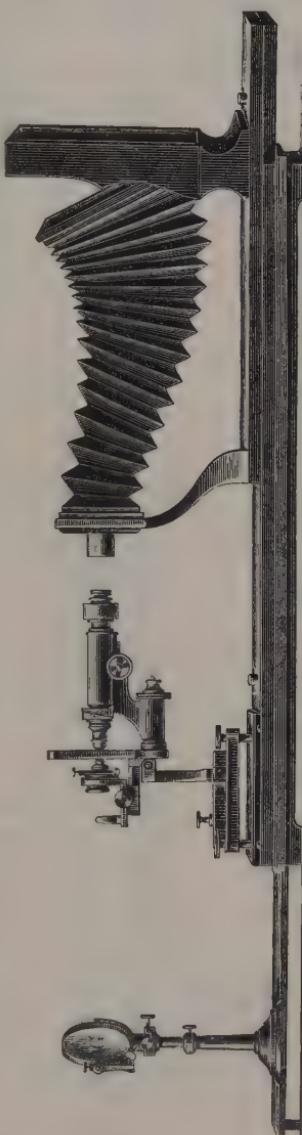
kürzen. Natürlich muss die Kamera mit ihrem Stativ in der optischen Achse des Mikroskops aufgestellt werden.

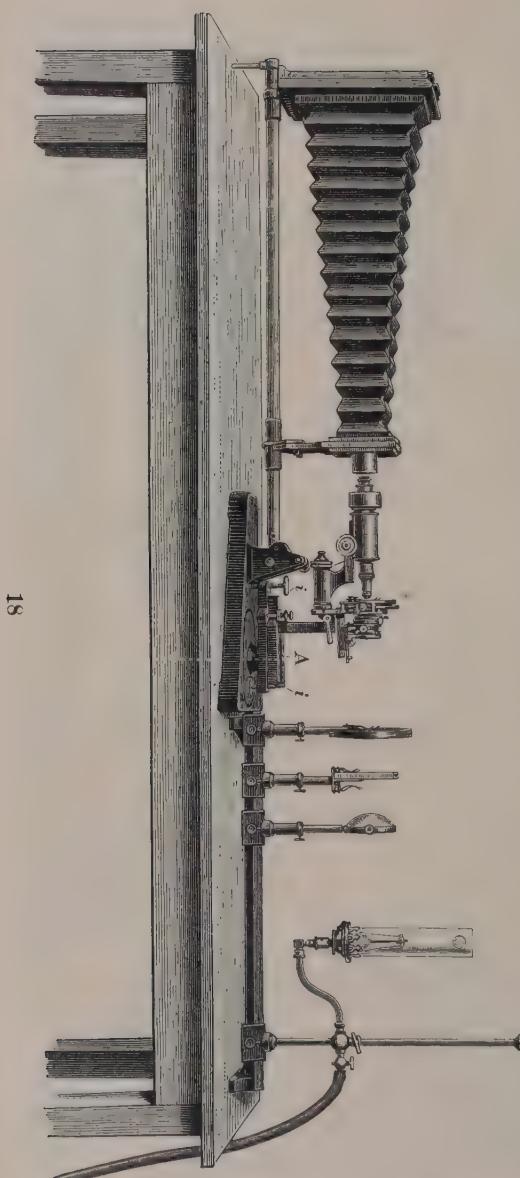
Bei den früheren Modellen hatte ZEISS die Einrichtung getroffen, dass die vordere Hälfte der Kamera sich aufklappen und sowohl in senkrechter, wie in jeder schiefen Stellung fixiren liess. Neuerdings sah man von dieser Anordnung ab, weil der Apparat hierbei nicht die nötige Festigkeit besitzt. Wer jetzt Aufnahmen mit der senkrechten Kamera machen will, muss die hierfür eigens konstruirten Modelle oder die sogleich zu beschreibende Horizontal-Vertikal-Kamera (Figur 18 und 19) benutzen.

Die Kamera ist für Kassetten von 24×24 cm Bildgrösse eingerichtet. Bei Einlage von Rahmen lassen sich auch Platten von beliebig geringerer Grösse verwenden.

Die ganze Ausrüstung wird auch ohne die schweren, gusseisernen Untergestelle geliefert. In diesem Falle sind sowohl die Kamera, wie das Mikroskop mit der zugehörigen optischen Bank auf festen Tischen aufzuschrauben.

Zwei Einstellscheiben, von denen eine mattgeschliffene für oberflächliche Orientirung über das Bild, die andere, durchsichtig und auf der Mikroskopseite mit Diamantstrichkreuz versehen, für feine Einstellung des Bildes mittels einer Lupe dient, vervollständigen die Einrichtung. Eine besondere Kassette dient zur Ermittelung der besten Expositionszeit; hier wird die lichtempfindliche Platte hinter einem spaltförmigen Ausschnitt mittels einer Handhabe um stets gleiche Beträge, deren Grösse durch Einschnappen einer Feder in eine Nut markirt wird, verschoben, so dass auf ihr neben einander Bilder desselben centralen Theiles des Objektes entstehen.



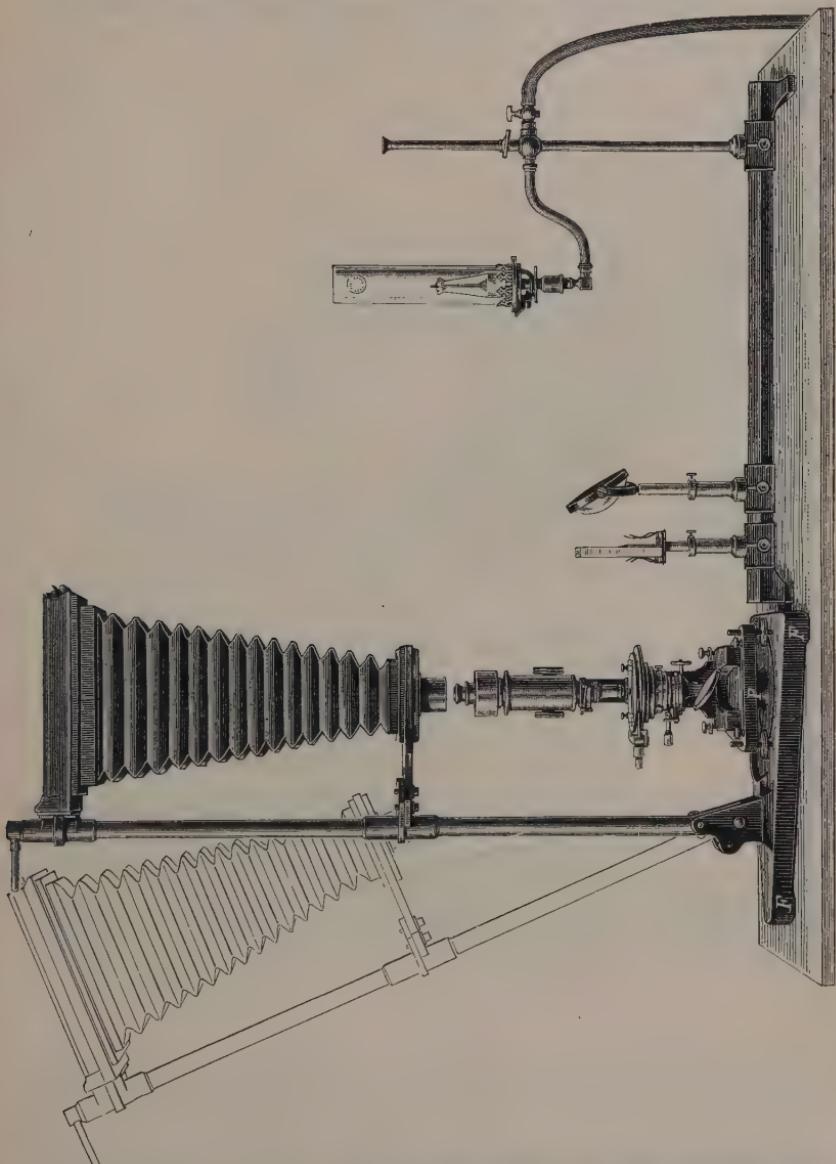


gebracht. Das Mikroskop wird auf einer mit Stellschrauben ausgestatteten Unterlage festgeschraubt. Die kurze Balgkamera lässt sich zwischen den Holzschielen hin- und herbewegen. Sie wird zum

Der Apparat von ZEISS lehnt sich in manchen Beziehungen an denjenigen von FRITSCH an. Der ungewöhnlich weite Tubus, der von jeder Be- rührung der Kamera ausgeschlossene HOOKE'sche Schlüssel erinnern unmittelbar an den in Figur 11 abgebildeten Universalapparat. In Folge der schlanken Bauart der Kamera von ZEISS besitzt hier der HOOKE'sche Schlüssel nur ein einziges Winkelgelenk — gewiss ein nicht zu unterschätzender Vortheil.

ZEISS fertigt neben dem grossen auch noch einen kleinen Apparat (das sog. Modell FRANCOTTE, Figur 17), der unter möglichster Beschränkung der Kosten zur Verwendung mit jedem umlegbaren Mikroskopstativ konstruiert wurde und nur die unentbehrlichsten Theile enthält. Mikroskop und Kamera sind auf einem mit Schienen versehenen Brett an-

Zwecke der Aufnahme dem Tubus derart genähert, dass die am Stirnbrett befindliche Metallhülse sich in eine oben am Tubus angebrachte



19

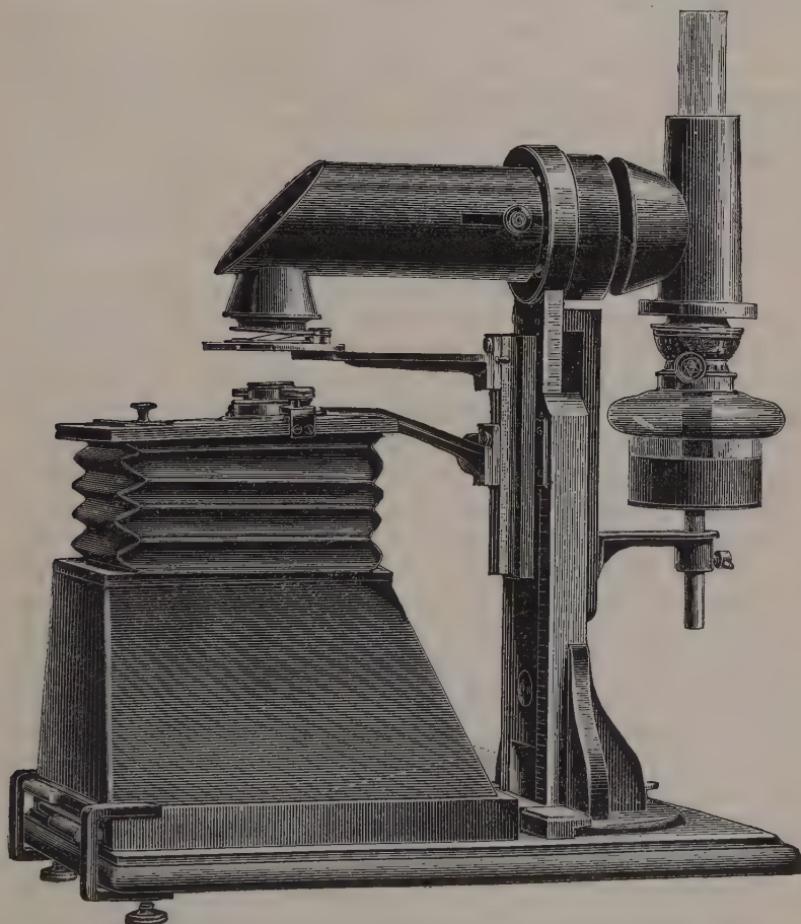
Doppelhülse einschiebt. Eine Verlängerung der Mikrometerschraube kommt wegen der kurzen Balgenlänge (50 cm) nicht in Frage.

Das Modell FRANCOTTE ist neuerdings durch die von ZEISS konstruierte kleine Horizontal-Vertikal-Kamera (Figur 18 und 19) in den Hintergrund gedrängt: Auf einer schweren, gusseisernen Grundplatte (*F*) ruht, um ihre senkrechte Achse (*A*) drehbar, die mittels dreier Stellschrauben (*i*) verstellbare Fussplatte (*P*) für das Mikroskop. Auf



dieser Fussplatte wird das Mikroskop so angebracht, dass bei senkrechter Stellung seine optische Achse mit der Drehungssachse (*A*) der Fussplatte zusammenfällt. Mikroskop sammt Fussplatte sind um 90° beiderseits von der Mittelstellung um die optische Achse drehbar. Das hintere Ende der Grundplatte trägt in Scharnier beweglich die mit Centimetertheilung verschene, 86 cm lange, cylindrische Führungsstange

für die Kamera. Beide Enden der Kamera sind in Hülsen an der Führungsstange verschieblich und werden durch seitliche Schrauben festgeklemmt. Eine tiefe Nuth sichert die Kamera gegen Drehungen. Die Kamera kann mit ihrer Führungsstange in drei verschiedenen Lagen



fixirt werden: In wagerechter Stellung wird sie, eine wagerechte Unterlage vorausgesetzt, durch den am Ende der Stange angebrachten Stift gehalten; die senkrechte Stellung wird durch einen Ausschlag am vorderen Ende der Stange gewährleistet; ausserdem kann sie um 45° geneigt und in dieser Lage durch einen Stift festgeklemmt werden

(Figur 19). Letztere Stellung hat den Zweck, die Okularbeobachtung an dem senkrecht stehenden Mikroskop zu erleichtern. Die optische Bank besteht aus einer Metallschiene.

Jüngst brachten WINKEL¹ (Figur 20) und REICHERT ähnliche Horizontal-Vertikal-Kameras in den Handel.

Die Apparate von ZEISS sind das Vollkommenste, was wir auf dem Gebiete der Mikrophotographie besitzen. Eine Reihe ausgezeichneter Gelehrter und vortrefflich geschulter Techniker bot ihr ganzes Können auf, um auch die kleinsten Vortheile auszunutzen. Rastlos wurde an der Vervollkommenung weiter gearbeitet und das Alte über Bord geworfen, sobald gutes Neues erprobt war. Die von genannter Firma jetzt gelieferten Modelle sind die Frucht mehr als zehnjähriger, angestrengtester Arbeit und weitgehender Erfahrungen.

Die ZEISS'schen Apparate wurden von anderen optischen Werkstätten nachgeahmt. Hier trachtete man vielfach danach, sich an den bewährten Konstruktionstypus anzulehnen, das Ganze aber durch Verwendung von billigerem Material und unter Verzicht auf beste Ausführung zu etwas billigerem Preise zu liefern.

Wir beschliessen die „geschichtliche Entwicklung mikrophotographischer Apparate“ mit kurzer Erwähnung der von LEITZ (Wetzlar) in den Handel gebrachten EDINGER-NIESER'schen Kamera für ganz schwache (Lupen-)Vergrösserungen (Figur 21). Genannte Kamera ging aus dem EDINGER'schen Zeichenapparat hervor. Wenn sich auch mit allen übrigen mikrophotographischen Apparaten Lupenvergrösserungen in bester Weise herstellen lassen, so besitzt der EDINGER-NIESER'sche Apparat doch einige Vorzüge. Wie aus der Abbildung ersichtlich, geschieht die Beleuchtung des aufzunehmenden Präparates von oben. Unmittelbar über dem Grundbrett (an derselben Stelle, wo das Zeichenpapier lagert, wenn man die ganze Vorrichtung als Zeichenapparat benutzt) wird die Kassette eingeschoben. Als Objektive können nur solche von etwa 20 bis 100 mm Brennweite dienen (Planar von ZEISS; Projektionsobjektive von LEITZ, HARTNACK u. s. w.).

Neuerdings brachte auch FUESS² (Steglitz bei Berlin) eine Vorrichtung in den Handel, welche lediglich für Lupenvergrösserung dient: Auf einem eigens hierfür hergerichteten Mikroskopstativ, bei dem der Objekttisch durch Zahn und Trieb in der Höhe verstellbar ist, wird ein kurzer Tubus aufgesetzt, welcher an seinem oberen Ende die kleine Kassette trägt. Da man hierbei immer nur kleine Bildchen

¹⁾ Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie Bd. XIV, 1897, S. 313.

²⁾ Zeitschrift für angewandte Mikroskopie Bd. III, 1897, Heft 2.

erhält, so ist die Benutzbarkeit der Vorrichtung beschränkt. Bei Lupenvergrösserung kommt es hauptsächlich darauf an, möglichst ausgedehnte Uebersichtsbilder zu erzielen.

Da es nicht in dem Plane dieses Werkes liegt, alle die ungezählten mikrophotographischen Apparate, welche im Laufe der Jahrzehnte empfohlen wurden und die sich nur durch Gott weiss welche Nebensächlichkeiten von einander unterscheiden, genau zu beschreiben, so können wir es bei den im Vorhergehenden aufgeführten Instrumenten bewenden lassen¹. Es sind damit der Hauptsache nach diejenigen Apparate namhaft gemacht, welche entweder einen besonderen geschichtlichen Werth besitzen, oder durch ihre Eigenart auf die Entwicklung der Mikrophotographie einen bestimmenden Einfluss ausübten, oder als Vertreter besonderer Gruppen gelten müssen.

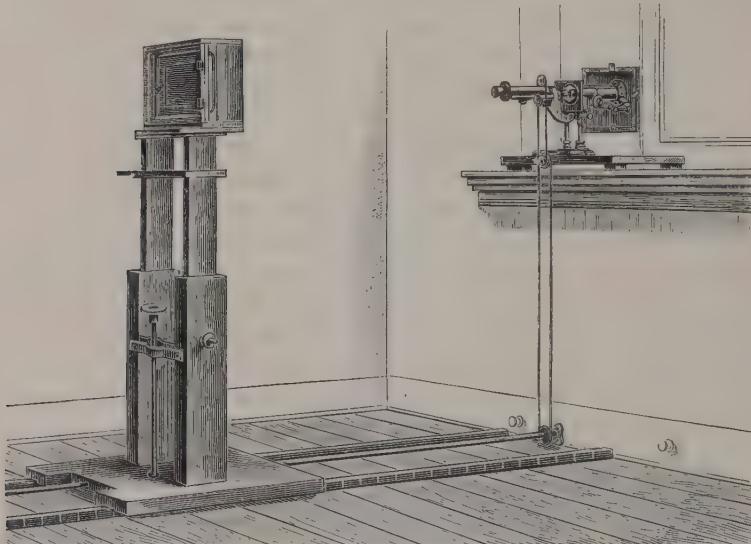
Wie thörichte Konstruktionen auch heutigen Tags immer noch in die Welt gesetzt werden, beweist wieder einmal der von NACHET gebaute Apparat², der aus zwei unter spitzem Winkel an einander gefügten, nahezu gleich starken Röhren besteht, von denen die eine durch drei starke Füsse in senkrechter Lage gehalten wird. Die senkrechte Röhre trägt an ihrem oberen Ende das mit Zahn, Trieb und Mikrometerschraube verstellbare Objektiv und über demselben den Objektivschirm und den Beleuchtungsapparat. An die seitlich sich abzweigende Röhre wird eine kleine Kamera gesteckt. Unter der Vereinigungsstelle der beiden Röhren befindet sich im Innern ein versilberter Spiegel, um die vom Objektiv im senkrechten Rohr nach abwärts tretenden Strahlen im seitlichen Rohr aufwärts zur Kamera zu leiten. Es handelt sich hier also um das sogenannte umgekehrte Mikroskop, welches seit 30 Jahren ab und zu seine Auferstehung feiert, von dem aber der Mikrophotograph, will er sich das Leben nicht unnöthig schwer machen, lieber seine Hände fortlässt.

Wir dürfen nicht unerwähnt lassen, dass WOODWARD in Amerika sich zu seinen Aufnahmen eines verdunkelten Zimmers bedient. In die Fensterladen sind rothe Scheiben eingesetzt, welche chemisch unwirkliches Licht einlassen. Das Mikroskop ruht auf dem Fensterbrett und erhält sein Licht durch eine kleine Oeffnung in den Fensterladen. Der

¹⁾ Gegenwärtig befassen sich mit Herstellung mikrophotographischer Apparate ausser den zuletzt genannten (ZEISS in Jena, LEITZ in Wetzlar, FUSS in Steglitz) u. A. auch folgende Firmen: SEIBERT (Wetzlar), HARTNACK (Potsdam), KLÖNNE & MÜLLER (Berlin), WINKEL (Göttingen), REICHERT (Wien), KORISTKA (Mailand), NACHET (Paris), C. BAKER (London), WATSON & SONS (London).

²⁾ Journal of the Royal Microscopical Society 1892 S. 871.

Tubus ragt wagerecht frei in das Zimmer hinein (Figur 22). Der Rahmen, welcher die Visirscheibe und während der Aufnahme die empfindliche Platte trägt, ist auf einem Gestell befestigt, das mit Rollen auf einer drei Meter langen Bahn von zwei parallelen, in den einander gegenüber liegenden Wänden des Zimmers eingelassenen eisernen Schienen hin- und hergeschoben und an jeder beliebigen Stelle mittels einer Klemme angehalten werden kann. Mitten zwischen den beiden Schienen und parallel mit ihnen verläuft eine gerade eiserne Welle, deren Enden sich in Lagern drehen. Auf diese Welle ist ein



22

konisches Zahnrad aufgesteckt, welches einen Zapfen besitzt, der in eine der ganzen Länge nach in die Welle eingestossene Nuthe passt. Man kann daher das Rad von einem Ende der Welle bis zum anderen hinschieben, aber nicht um seine Achse drehen, ohne zugleich die Welle mit in Drehung zu versetzen. In die Zähne dieses senkrecht stehenden Rades greifen diejenigen eines anderen, wagerechten ein, dessen senkrechte Welle durch passend angebrachte Führungen an dem verschiebbaren Untergestell der Visirscheibe hindurchgeht. Eine Klammer hält die beiden konischen Zahnräder bei allen Verschiebungen des Gestelles der Visirscheibe zusammen, so dass eine Drehung an dem breiten Knopfe der senkrechten Welle jederzeit eine Drehung der langen wagerechten Welle zur Folge hat. Am vorderen Ende der letzteren, also unter

dem Fensterbrett, welches das Mikroskop trägt, ist ein mit Rille versehenes kleines Rad befestigt, das durch Schnurlauf mit einem entsprechenden Rade am Kopfe der Mikrometerschraube in Verbindung steht.

Die grobe Einstellung des Bildes auf der frei stehenden matten Glasplatte nimmt der Photograph noch am Mikroskop stehend vor und begiebt sich dann an das Gestell der Visirscheibe, um von hier aus die feine Einstellung zu bewerkstelligen¹.

Irgend welche Bedeutung ist diesem Zimmerapparat, welcher auf die ersten Anfänge der Mikrophotographie (vergl. Seite 1) zurückgreift, nicht beizumessen. Es erscheint kaum glaublich, dass es gelingt, mit dieser überaus verwickelten Verlängerung der Mikrometerschraube scharf einzustellen; doch hat WOODWARD bewiesen, dass man selbst mit solchen Einrichtungen gute Photogramme fertigen kann. —

Endlich sei noch einer Einrichtung Erwähnung gethan, welche NACHET² vorschlug. Derselbe bringt, um das aufzunehmende Objekt kontrolliren zu können, ohne dabei die lichtdichte Verbindung zwischen Kamera und Mikroskop zu lösen, einen für den Beobachter bestimmten, von dem Haupttubus sich abzweigenden Seitentubus an. Ein von aussen verschiebbares Prisma leitet, sobald es durch einen Drücker in geeignete Lage gebracht ist, die vom Objektiv kommenden Strahlen durch den Seitentubus in das Auge des Photographen. Die Kamera steht mit dem Haupttubus in Verbindung.

Dergleichen Vorrichtungen sind für gewöhnliche Aufnahmen überflüssig; sie vertheuern, da sie ein besonderes Mikroskopstativ erforderlich machen, den mikrophotographischen Apparat wesentlich. Die Kontrolle des Präparates wird sich immer am einfachsten dadurch bewirken lassen, dass man nach Herausnahme eines hinreichend grossen, trichterförmigen Zwischenstücks, oder, wie bei den Apparaten von ZEISS, nach Zurückschieben der Kamera den Kopf zwischen Kamera und Tubus bringt. — Bei Augenblicksaufnahmen ist dagegen, wie wir später (Abschnitt V) sehen werden, die NACHET'sche Vorrichtung empfehlenswerth.

Die mikrophotographischen Apparate, welche man für besondere Zwecke, z. B. zu Augenblicks-, spektroskopischen und stereoskopischen Aufnahmen konstruirte, sollen erst an späterer Stelle (Abschnitt V) besprochen werden, da zum Verständnis derselben Vorkenntnisse über Objektive, Okulare, die Lichtquellen und die Beleuchtung erforderlich sind.

¹⁾ BEALE, How to work with the microscope. 4. ed. London 1868.

²⁾ Journal of the Royal Microscopical Society. Ser. II, Bd. VI, 1886, S. 840.

2. Allgemeine, bei Anschaffung eines mikrophotographischen Apparates massgebende Gesichtspunkte

Nachdem wir die hauptsächlichsten Formen der mikrophotographischen Apparate kennen gelernt haben, wollen wir die Anforderungen, die an einen guten Apparat zu stellen sind, noch einmal kurz durchsprechen und einige Fingerzeige geben, die bei der Anschaffung derartiger Instrumente vielleicht von Nutzen sind.

Das Angebot mikrophotographischer Apparate ist gegenwärtig so gross, dass es schwer fällt, überhaupt eine Wahl zu treffen. Wer über bedeutende Mittel verfügt, wird nicht einen Augenblick zögern, den grossen Apparat von *ZEISS* zu kaufen. Derselbe ist bis in alle Einzelheiten aufs Sauberste ausgeführt, besitzt alle Verbesserungen, welche die Neuzeit brachte, genügt mit einem Worte den höchsten Anforderungen, aber er kostet mit Zubehör, ohne Objektive und Okulare, rund 1200 Mark. Eine etwa gleich grosse Summe ist erforderlich zur Anschaffung der Apochromat-Objektive und Okulare, so dass also 2500 Mark verfügbar sein müssten. Aus diesem Grunde kommt der Apparat von *ZEISS* hauptsächlich für reich bemittelte Institute in Frage.

Wer weniger mit Glücksgütern gesegnet ist, aber nicht alle Geduld und Ausdauer bei der Arbeit verlor, wird vielleicht werthvollere Mikrophotogramme, als sein mit den besten Hilfsmitteln arbeitender Kollege zu Wege bringen, wenn er sich einen besonderen mikrophotographischen Apparat überhaupt nicht anschafft. Man kann mit einem guten Mikroskop und der einfachen Turisten-Kamera auskommen. Verfasser verfährt seit 12 Jahren folgendermassen: Ein mittelgrosses Stativ mit umlegbarem Fuss wird auf dem Boden einer umgestülpten, kleinen Kiste festgeschraubt; die Kiste ruht auf einem festen Tisch und bietet Raum genug für die aus einem einfachen Holzbrett bestehende optische Bank. Die Turisten-Kamera (Format 13×21 cm) wird auf einem schweren, einfachen Stativ, wie solches die Photographen bei ihren Aufnahmen im Atelier benutzen, befestigt und in etwa 50 cm Entfernung vom Tubus-Ende aufgestellt. Ein weites Papprohr, das sich am Stirnbrett der Kamera leicht ansetzen und ebenso leicht wieder abnehmen lässt, vermittelt die Verbindung von Kamera und Mikroskop. Der Lichtabschluss wird auf die in Figur 13 dargestellte Weise, die Verlängerung der Mikrometerschraube durch Schnurlauf (Figur 14) bewerkstelligt.

Mag man sich eine neue Kamera kaufen, oder eine alte durch Verlängerung auf $\frac{3}{4}$ bis $1\frac{1}{2}$ Meter (Balgen unter $\frac{3}{4}$ Meter legen in der Vergrösserung zu grosse Beschränkungen auf) für die Mikrophotographie brauchbar machen, immer ist genau darauf Acht zu geben, dass durchaus kein Nebenlicht auf die Platte gelangt und der Balg in allen seinen Theilen genügend weit ist, um Reflexion an den Wänden auszuschliessen. Blickt man in den zur Aufnahme fertig vorbereiteten Apparat, so darf nur im Grunde der Kamera ein einziger hell leuchtender Punkt, das vom Objektiv kommende Lichtbündel, sichtbar werden, während alles Uebrige in tiefste Dunkelheit gehüllt bleibt, gleichgültig, ob die Kamera in ihrem Innern weiss oder schwarz angestrichen ist. Die allgemein übliche Schwärzung hat nur insofern Bedeutung, als sie das von der Platte reflektirte Licht unschädlich macht. Soll der Apparat auch für starke Objektive Verwendung finden, so darf Kamera und Mikroskop nicht auf demselben Laufbrett befestigt werden. Das Beste ist, beide Theile auf gesondertem Tisch aufzustellen. Zur Einstellung dient eine matte Glasplatte und eine durchsichtige Spiegelscheibe, erstere zur allgemeinen Orientirung über Lage und Grösse des Bildes, letztere zur feinen Einstellung. Als Verbindung zwischen Kamera und Tubus kann nur die in Figur 13 dargestellte Vorrichtung, als Verlängerung der Mikrometerschraube nur der frei neben der Kamera liegende Hooke'sche Schlüssel, oder, wo es sich um möglichste Geldersparnis handelt, der Schnurlauf (Figur 14) in Frage kommen.

Die grossen Mikroskopstative sind, wofern sie nicht ganz besonders fest (wie diejenigen von ZEISS) gearbeitet sind, für mikrophotographische Zwecke weniger geeignet, als die kleineren, und zwar lediglich ihres grösseren Gewichtes wegen. Ist mit nicht allzu schwachem Objektiv auf der Visirscheibe scharf eingestellt, so wird man die unangenehme Wahrnehmung machen, dass schon nach kurzer Zeit die Schärfe des Bildes zu wünschen übrig lässt. Die einzelnen Metalltheile des Stativs haben, begünstigt durch die wagerechte Lage, wenn auch nur geringfügig, ihre gegenseitige Stellung geändert und dabei den Abstand des Objektivs vom Objekt vergrössert oder verringert. Erst nach längerer Zeit, mitunter nach stundenlangem Stehen des Apparates, tritt Stillstand ein; aber das Auswechseln des Präparates gegen ein anderes genügt, um wiederum freiwillige Veränderung der Einstellung ins Werk zu setzen. Dieser ein erfolgreiches Arbeiten so sehr beeinträchtigende Fehler haftet wie gesagt den grösseren, schweren Stativen in höherem Masse an, als den kleineren. Vielleicht wird man noch allgemein dazu kommen, für die Mikrophotographie besondere, in der

Gestalt von den bisherigen Stativen abweichende Mikroskopstative zu bauen, bei denen ein Verziehen unter allen Umständen ausgeschlossen ist. Das allerneuste grosse Stativ von ZEISS (S. 25) bedeutet nach dieser Richtung hin einen bedeutsamen Fortschritt.

Nicht wenig Stative aus optischen Werkstätten zweiten und dritten Ranges sind so mangelhaft gearbeitet und so unsauber durchgeführt, dass jedes Gelenk und jede Hülse schlottert. Mit einem derartigen Instrument wird man niemals Brauchbares zu Stande bringen.

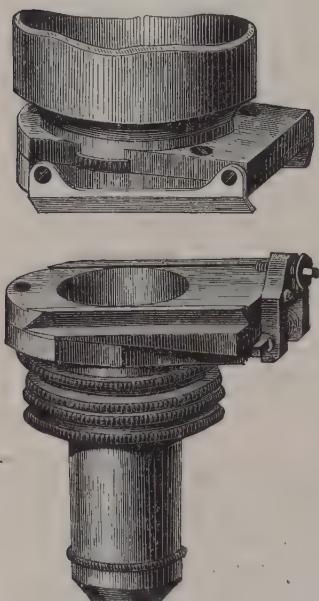
Ein wichtiger Punkt ist ferner die genaue senkrechte Stellung der Tubus-Achse zur Ebene des Objekttisches. Hierin lassen beinahe alle Stative, welche nicht besonders für mikrophotographische Zwecke gearbeitet sind, zu wünschen übrig. Dieser Fehler macht sich in den Bildern dadurch kenntlich, dass die eine Hälfte weniger scharf erscheint als die andere. Abhilfe schafft nur Zurück-senden des Stativs an den Mechaniker und genaues Richten des Objekttisches.

Mikroskope mit weitem Tubus, wie sie zuerst FRITSCH und dann ZEISS empfahlen, verdienen für unsere Zwecke stets den Vorzug vor den gewöhnlichen engen Rohren, weil die an den Seitenwänden entstehenden Reflexe sich bei der Photographie weit unangenehmer bemerkbar machen, als bei der Okularbeobachtung, und Blenden, die man in den Tubus einsetzt, die Beschaffenheit und Ausdehnung des Bildes beeinflussen.

Schwärzen der Innenwand bleibt stets ein ungenügender Nothbehelf.

Ist leichter Gang der Mikrometerschraube schon bei der Okularbeobachtung ein nicht zu unterschätzender Vortheil, so wird derselbe bei photographischen Arbeiten um so werthvoller, als er die feinste Einstellung auf der Visirscheibe ungemein erleichtert. Vor allen Dingen muss todter Gang der Schraube ausgeschlossen sein. In neuerer Zeit wurde die mechanische Einrichtung der Mikrometerschraube wesentlich vervollkommen.

Eine Kreistheilung des Schraubenkopfes der Mikrometerschraube ist wünschenswerth, weil sie, was zur Korrektion der im folgenden



23

Abschnitt zu besprechenden Fokusdifferenz von Wichtigkeit ist, gestattet, die Hebung und Senkung des Tubus genau zu messen.

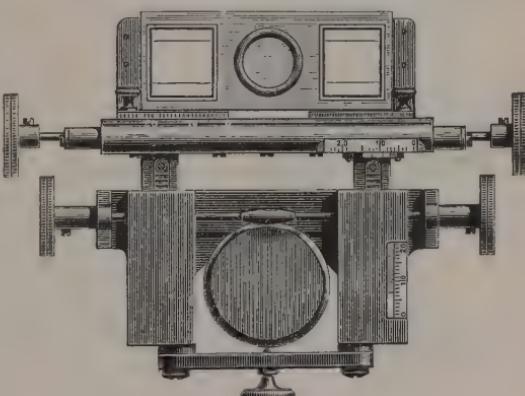
Da bei den neuen Objektiven sorgfältiges Einhalten der vorgeschriebenen Tubuslänge Bedingung zum Gelingen des Bildes ist, so wird man denjenigen Stativen den Vorzug geben, welche entweder die erforderliche Tubuslänge (160 mm) haben oder einen mit Maßstab versehenen Auszug besitzen.

Von grosser Annehmlichkeit ist eine leicht zu handhabende und sicher wirkende Vorrichtung zum schnellen Auswechseln der Objektive. Die bisher allgemein üblichen Revolver-Vorrichtungen sind für die Mikrophotographie nicht zu brauchen, da in Folge von mangelhafter Centrirung derselben das Präparat nach jedem Auswechseln verschoben werden müsste. Um

dies zu vermeiden, konstruierte ZEISS in neuerer Zeit einen

Schlitten-Objektivwechsler¹ (Figur 23), bei dem die Centrirung eine so vollkommene ist, dass die Mittelpunkte der Gesichtsfelder genau auf denselben Punkt des Präparates fallen.

Wir dürfen nicht unterlassen, noch zwei Hilfsapparate zu besprechen, welche dem Mikrophotographen die Arbeit recht zu erleichtern im Stande sind: den beweglichen Objekttisch und den Markirapparat. Handelt es sich bei starken Objektiven darum, einen am Rande des Sehfeldes befindlichen Punkt des Präparates in die Mitte zu bringen, so ist dies, soll es mit der Hand auf unbeweglichem Objekttisch ausgeführt werden, eine starke Geduldprobe. Ueberdies wird die systematische Durchmusterung von Präparaten, welche sich oft genug als nothwendig erweist, um die beste Stelle des Objektes für die Aufnahme herauszusuchen, durch den beweglichen Tisch erleichtert. Endlich ermöglicht letzterer die schnelle Wiederauffindung einer bestimmten Stelle — bei den häufigen Wiederholungen photographischer Aufnahmen eben-



24

¹) Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie Bd. IV, 1887, S. 293.

falls ein nicht zu unterschätzender Vortheil. Der Objekttisch des grossen Stativs für Mikrophotographie von ZEISS besitzt eine durch Mikrometer-schrauben bewerkstelligte Kreuzbewegung. Für gewöhnliche Tische konstruirte man leicht anzubringende Vorrichtungen, wie den „kleinen Kreuztisch“ von ZEISS, den beweglichen Objekttisch von WINKEL¹, den Pendelobjekttisch von KLÖNNE & MÜLLER, den Finder von C. REICHERT (Figur 24), den Differential-Objektführer von HILDEBRAND², den beweglichen Objekttisch von REICHERT³ u. s. w.

Gilt es, eine bestimmte Stelle im Objekt derart kenntlich zu machen, dass auch ein Anderer dieselbe leicht wiederfinden kann, so tritt der Markirapparat in seine Rechte. Figur 25 zeigt einen solchen, wie ihn R. WINKEL in Göttingen liefert. Mit demselben werden die im Präparat kenntlich zu machenden Stellen durch kleine, mittels einer Diamantspitze in das Deckglas zu ritzende Kreise bezeichnet. Zum Gebrauch schraubt man, nachdem die zu markirende Präparatstelle in die Mitte des Gesichtsfeldes gebracht und der Objektträger durch Klammern festgelegt ist, das Objektivsystem vom Tubus ab und ersetzt es durch den Markirapparat, giebt *h* durch Drehen der Schraube *f* eine dem gewünschten Kreisdurchmesser entsprechende Stellung und senkt den Tubus so weit, dass der Schraubenstift *m* in seinem Schlitz etwas gehoben wird. Dann

drückt die Hülse *Dih* mit ihrem Gewicht die Spitze auf das Deckgläschen. Dreht man nun die Drehhülse *C* ein Mal um sich selbst, so ritzt *h* einen zarten Kreis in das Deckglas, in dessen Mittelpunkt sich die zu markirende Stelle befindet⁴. Eine ganz ähnliche Vorrichtung fertigt jetzt auch FUESS⁵.

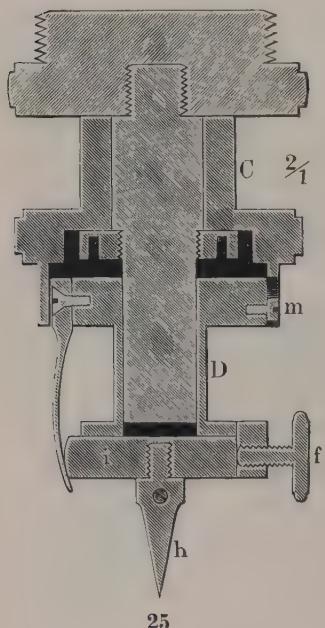
¹⁾ Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie Bd. IX, 1892, S. 433.

²⁾ Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie Bd. XI, 1894, S. 304.

³⁾ Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie Bd. XII, 1896, S. 433.

⁴⁾ BEHRENS, KOSSEL und SCHIEFFERDECKER, Das Mikroskop S. 49. 1889.

⁵⁾ Neues Jahrbuch für Mineralogie 1895 Bd. I S. 280.



Den Werth einer derartigen Vorrichtung lernt man erst schätzen, wenn man, wie Verf. dies zu wiederholten Malen erlebte, Präparate zur photographischen Aufnahme zugesendet erhält, in denen, trotz beigefügter Zeichnungen, die abzubildende Stelle nicht aufzufinden ist.

3. Die Aufstellung des mikrophotographischen Apparates

Zum Gelingen der Aufnahmen ist die Aufstellung des mikrophotographischen Apparates auf fester Unterlage in einem vor Erschütterungen geschützten Raume unbedingt nothwendig.

ZEISS¹⁾ stellt seinen Apparat in einem zur ebenen Erde gelegenen Zimmer eines sonst unbewohnten Hauses auf zwei in den Boden eingelassene Steinplatten. Die Dielen sind mit dem Fundament nicht in Berührung; man kann daher selbst während der Exposition unbeschadet im Zimmer umhergehen.

Eine derart zweckmässige Einrichtung werden sich nur die wenigsten Mikrophotographen schaffen können. Die Mehrzahl bleibt angewiesen auf eine in belebter Strasse gelegene Wohnung, welche durch Hin- und Herlaufen der übrigen Hausgenossen, durch Zuschlagen der Thüren und Rollen vorüberfahrender Wagen beständig in Schwingungen versetzt wird. Bei nöthiger Vorsicht lässt sich jedoch auch unter solchen Verhältnissen Treffliches leisten.

Im Allgemeinen gilt Folgendes als Regel: Die durch Bewegung schwerer Gegenstände auf Hof und Strasse hervorgerufenen Erschütterungen machen sich in den oberen Stockwerken der Gebäude am meisten bemerkbar. Man wird deshalb wenn möglich einen in den unteren Geschossen gelegenen Raum als Arbeitszimmer wählen. Hierbei fällt nun wieder der Umstand ins Gewicht, dass bei hohen gegenüberliegenden Häusern die so wünschenswerthe Benutzung des Sonnenlichtes in den unteren Stockwerken entweder nicht oder nur an einem kleinen Theil des Tages möglich wird. Um Sonnenschein in ausgiebiger Weise verwenden zu können, sollte das Fenster des Arbeitszimmers nach Süden gelegen sein; doch das sind fromme Wünsche, die sich in der Grossstadt oft bei dem besten Willen nicht erfüllen lassen.

¹⁾ ZEISS, Special-Katalog 1888 S. 8.

Wer in einem hart an belebter Strasse gelegenen Zimmer mikro-photographische Aufnahmen macht, wird selten zu befriedigenden Resultaten gelangen. Ein möglichst von der Strasse entfernt gelegener Raum bleibt stets vorzuziehen.

Von den im Gebäude selbst vorhandenen Ursachen der Erschütterung sind diejenigen die nachtheiligsten, welche in dem über dem Arbeitszimmer gelegenen Raume wirken. Ein Hin- und Hergehen daselbst hat ununterbrochene Schwingungen des Mikroskops zur Folge, und zwar macht sich dies um so mehr bemerkbar, je grösser das Zimmer ist. Aus diesen Gründen sieht sich der Mikrophotograph häufig gezwungen, sein zeitraubendes, mühevolleres Werk erst zu beginnen, wenn die Ruhe der Nacht einkehrt.

Sehr zu empfehlen ist die Unterlage einer dreifachen Schicht von dickem Filz unter die Füsse der Gestelle und Tische, welche Mikroskop und photographische Kamera tragen. Leichte Erschütterungen des Fussbodens werden hierdurch unschädlich gemacht. Freilich schützt auch dies Mittel nicht gegen das Erbeben des ganzen Gebäudes, welches durch vorüberfahrende Lastwagen erzeugt wird.

Der Standort des Apparates im Zimmer muss so gewählt werden, dass Kamera und Mikroskop bequem von allen Seiten zugänglich sind. Am besten steht derselbe etwa 1 bis $1\frac{1}{2}$ m von der Südwand des Zimmers entfernt, und zwar so, dass seine optische Achse mit dem vom Heliostaten wagerecht in das Zimmer geleiteten Strahlenbündel einen rechten Winkel bildet.

Der eigenartige, durch Drehung um seine polare Achse der Sonne folgende grosse Apparat von BENECKE (s. Figur 10) erfordert Aufstellung im Freien oder unter drehbarer Kuppel, ähnlich derjenigen, unter welcher die grossen Refraktoren und Heliometer der Sternwarten zu stehen pflegen. BENECKE¹ konstruirte hierfür ein tragbares Häuschen, welches zugleich das Dunkelzimmer enthält. Das kleine Gebäude steht auf einem freien Platze, mit seiner Längsachse genau im Meridian des Ortes. Der auf vier Pfählen ruhende Fussboden befindet sich etwa $\frac{1}{2}$ m über der Erde. Der Innenraum ist durch eine lichtdichte, mit Thür versehene Wand in zwei Theile geschieden, von denen der eine als Dunkelkammer, der andere mit Kuppel versehene als Aufnahmzimmer dient. In der Mitte des letzteren steht auf einem mit Sand gefüllten Kasten, der durch den Fussboden frei hindurchgeht und auf drei in die Erde gerammten Pfählen ruht, das Stativ des Apparates,

¹⁾ BENECKE, Die Photographie als Hilfsmittel mikroskopischer Forschung S. 194.

dessen parallaktische Achse nach sorgfältigen Beobachtungen in die richtige Lage gebracht und in dieser unverrückbar befestigt ist. Die Schraube ohne Ende, welche die Kamera um ihre parallaktische Achse dreht, lässt sich leicht mit einem Uhrwerk in Verbindung setzen; man braucht sich dann um die scheinbare Bewegung der Sonne nicht zu kümmern.

Das über einem Gerippe von Bandeisen aus Eisenblech konstruirte Kuppeldach ruht auf drei Rollen und lässt sich mit Leichtigkeit drehen. Entsprechend den Kuppeln der Sternwarten hat dieselbe an einer Seite eine 20 cm breite spaltartige Oeffnung, die vom unteren Rande bis zum Pole sich erstreckt und durch einen Schieber wetterdicht geschlossen werden kann. Durch diesen Spalt gelangt das Sonnenlicht in die Achse des mikrophotographischen Apparates.

Schade um die kostbare Zeit, die zur Ausführung einer so völlig unfruchtbaren Idee aufgewendet wurde!

Zweiter Abschnitt

Objektive und Okulare

1. Allgemeines

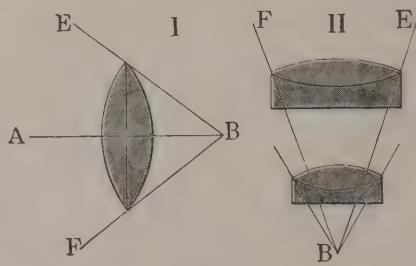
Zum Verständnis der folgenden Seiten sind einige Vorbemerkungen aus dem Gebiete der Optik unbedingt erforderlich. Doch müssen wir uns kurz fassen; wer sich über diese Dinge genauer unterrichten will, findet Ausführliches in den vortrefflichen Lehrbüchern von DIPPEL¹ und BEHRENS².

Von wesentlicher Bedeutung für die Leistungsfähigkeit einer Linse ist ihr Oeffnungswinkel, welchen man erhält, wenn man zwei gegenüberliegende Ränder derselben mit dem Brennpunkte verbindet (E B F in Figur 26 I). Entsprechend gestalten sich die Verhältnisse bei Linsensystemen (Figur 26 II).

Der Oeffnungswinkel einer Linse oder eines Systems wird den Werth von 180° niemals voll erreichen, da die Dicke des Deckgläschens immer einen gewissen Abstand des Objektes von der Frontlinse bedingt.

¹⁾ DIPPEL, L., Handbuch der allgemeinen Mikroskopie. Braunschweig, Vieweg & Sohn. DIPPEL, L., Grundzüge der allgemeinen Mikroskopie. Braunschweig, Vieweg & Sohn.

²⁾ BEHRENS, KOSSEL u. SCHIEFFERDECKER, Das Mikroskop und die Methoden der mikroskopischen Untersuchung. Braunschweig 1889, Bruhn.



Bei Wasser- und Oel-Immersionen giebt der in Luft gemessene Oeffnungswinkel keinen Ausdruck für die Leistungsfähigkeit des Systems. Man war deshalb darauf bedacht, einen für alle Systeme gütigen Ausdruck abzuleiten, bei dem neben dem Oeffnungswinkel auch der Brechungsindex des zwischen Deckglas und Objektiv befindlichen Mediums in Rechnung gezogen wird. In sehr vollkommener Weise erreichte dies Prof. ABBE, indem er das Produkt aus dem Brechungsindex n des zwischen Deckglas und Objektiv befindlichen Mediums und dem Sinus des halben Oeffnungswinkels u bildete und diese Grösse die numerische Apertur a des Systems nannte:

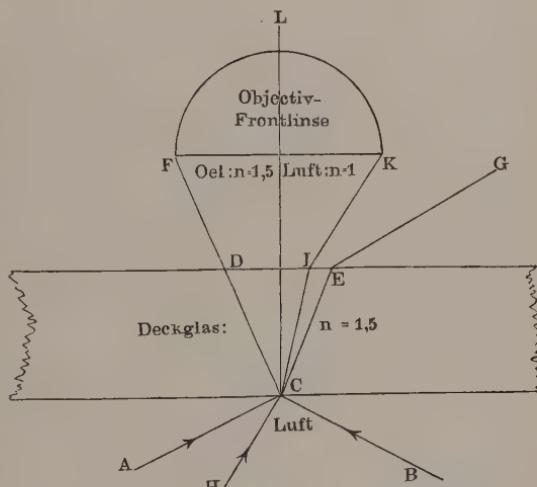
$$\text{num. Ap. (a)} = n \cdot \sin u.$$

Da der halbe Oeffnungswinkel aus dem oben angegebenen Grunde 90° niemals erreicht, so bleibt die num. Apertur eines Trockensystems immer kleiner als 1¹.

Der Brechungsexponent des Wassers beträgt 1,33, derjenige des für Oel-Immersionen verwendeten eingedickten Cedernholzöls, ebenso wie derjenige des Glases, 1,52. Doch lässt sich in der Praxis die Apertur der Wasser-Immersion mit Vortheil nicht über 1,25, diejenige der Oel-Immersion nicht über 1,40 steigern.

Die Ueberlegenheit der Immersionen über Trockensysteme lässt sich am besten durch eine kleine Skizze (Figur 27) veranschaulichen. Dieselbe giebt einen Durchschnitt durch Frontlinse des Objektivs, Deckglas und das zwischen beiden befindliche Medium: auf der rechten Hälfte Luft (mit dem Brechungsexponenten 1), auf der linken Hälfte Oel (mit dem Brechungsexponenten 1,5). Die vom Objekte kommenden Strahlen AC und BC werden in dem dichteren Medium des Glases dem Loth CL zugelenkt. Der Strahl BC

¹) sin 90° wäre gleich 1, und n , der Brechungsexponent von Luft, ist ebenfalls gleich 1.



trifft in D , der Strahl AC in E die obere Deckglasfläche. Da der Strahl BCD beim Verlassen des Deckglases ein Medium (Oel) vorfindet, welches denselben Brechungsexponenten wie Glas (1,5) hat, so kann er seinen Weg in derselben Richtung bis zur Frontlinse des Objektivs fortsetzen. Er wird vom Objektiv aufgenommen und zum Okular weiter befördert. Ein ganz anderes Schicksal erleidet der Strahl ACE . Beim Verlassen des Deckglases bei E findet er ein Medium (Luft) vor, dessen Brechungsexponent ($n = 1$) erheblich kleiner ist, als derjenige des Deckglases; er wird demzufolge nach G hin abgelenkt, tritt überhaupt nicht in das Objektiv ein und ist für die Bilderzeugung verloren. Befindet sich Luft zwischen Deckglas und Frontlinse des Objektivs, so können von letzterem nur Strahlen aufgenommen werden, welche nicht schräger als HC auf die Unterseite des Deckglases auftreffen. $HC IK$ ist der Gang des von H ausgehenden Strahles.

Immersionssysteme sind also im Stande, weit schrägere vom Objekt kommende Strahlen aufzunehmen als Trockensysteme.

Bei den Versuchen, die num. Apertur eines Systems noch weiter als bei Oel-Immersionen zu vergrössern und demnach die Möglichkeit zu geben, noch mehr vom Objekt ausgehende Strahlen in das reelle Bild überzuführen, stösst man auf bedeutende Schwierigkeiten. Die Frontlinse sowohl, wie alle Medien zwischen dieser und dem Objekt müssten aus Substanzen bestehen, deren Brechungsindex grösser ist als derjenige des bisher benutzten Glases. Der Brechungsindex des Diamants beträgt nun 2,4; doch würde, abgesehen davon, dass die Dichtigkeit des Diamants häufig keine gleichmässige ist, die Beseitigung der Farbenzerstreuung und der sphärischen Abweichung Schwierigkeiten bereiten. Die Farbenzerstreuung liesse sich allerdings durch ausschliessliche Benutzung von monochromatischem Licht umgehen.

Diamantlinsen wurden schon im Jahre 1824 von PRITCHARD geschliffen, später auch von ADIE, BLACKIE, CHEVALIER, OBERHAEUSER und PLÖSSL; doch erstrebte man mit denselben nicht eine Vergrösserung der Apertur der Systeme, da Tauch-Systeme damals überhaupt noch unbekannt waren.

Zur Erreichung einer grösseren Apertur als 1,40 wäre es keinesfalls nothwendig, zum Diamant zu greifen, da die Herstellung von Glassorten mit einem Brechungsindex von 1,8 bis 1,9 möglich ist.

In neuerer Zeit gelang es ABBE-ZEISS thatsächlich, ein Objektivsystem mit num. Apertur 1,60 zu konstruiren¹⁾. Die vorderste Linse

¹⁾ Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie Bd. VI, 1889, S. 417.

ist ein Flintglas vom Index 1,72. Als Immersionsflüssigkeit dient Monobromnaphthalin (Brechungsindex 1,66). Das zu den Deckgläschern benutzte Flintglas hat ebenfalls den Index 1,72. Zur vollen Ausnutzung der Apertur des Objektivs darf die Einbettungsflüssigkeit des Objektes, der Objektträger und das brechende Medium zwischen letzterem und dem Beleuchtungsapparat keinen geringeren Brechungsindex aufweisen; endlich ist für den Kondensor eine ebenso hohe Apertur erforderlich, als für das Objektiv. Die Verwendbarkeit der Objektive mit so hoher Apertur ist demnach sehr beschränkt. Erfolgreich konnte man das Monobromnaphthalin-Immersionssystem bisher nur bei Diatomeen anwenden, da es noch nicht gelang, eine Einschlusflüssigkeit von genügend hohem Brechungsindex ausfindig zu machen, die auch bei anderen Objekten, ohne deren Struktur oder Färbung zu zerstören, benutzt werden könnte.

Einer weiteren Steigerung der Apertur steht als hauptsächlichstes Hindernis der Mangel einer geeigneten Immersionsflüssigkeit entgegen. Die Flüssigkeit müsste wenigstens einen Index von 1,8 bis 1,9 haben, damit der Fortschritt gegenüber den jetzigen Systemen nennenswerth sei. Leider sind Arsen- und Phosphorlösungen, die sich durch ungewöhnlich hohen Brechungsindex auszeichnen (2,10 und darüber) kaum zu verwenden. Über die Aussichten, oder vielmehr Nichtaussichten, die Apertur der Systeme fernerhin zu steigern, veröffentlichte CZAPSKI¹ eine höchst lesenswerthe Studie.

Von der Grösse der num. Apertur des Objektivs hängt das Abbildungsvermögen (Auflösungs- und Unterscheidungsvermögen) desselben ab. Die Fähigkeit des Systems, eine objektähnliche Abbildung kleinsten, regelmässig oder unregelmässig angeordneter Struktureinzelheiten hervorzubringen, steht in geradem Verhältnis zu der num. Apertur desselben. Je grösser die letztere ist, um so feinere Struktureinzelheiten werden noch abgebildet. Zur Lösung der feinsten Zeichnungen auf den Kieselchen der Diatomeen sind daher Objektive mit sehr hoher Apertur erforderlich. Für gröbere, histologische Präparate ist dagegen hohe Apertur meist nur schädlich, da unter derselben das Begrenzungsvermögen und die Tiefenzeichnung leidet.

Zur Messung der num. Apertur dient der von ABBE ersonnene, von ZEISS ausgeführte Apertometer.

Von grosser Wichtigkeit besonders für Aufnahme histologischer Präparate ist die Tiefenzeichnung der Objektive, auch Durchdringungsvermögen oder Penetration genannt. Man versteht darunter

¹⁾ Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie Bd. VIII, 1891, S. 145.



die Fähigkeit des Objektivs, mehrere in verschiedenen Tiefen gelegene Bilderne gleichzeitig scharf wiederzugeben. Bei der mikroskopischen Beobachtung wirkt die Akkommodationsfähigkeit des Auges und die Unempfindlichkeit desselben gegen kleine Fehler in der Strahlenvereinigung ausgleichend; in der Photographie fallen diese Faktoren fort, und es kommt nur die thatssächlich vorhandene Fokustiefe des Systems zur Geltung. Je kürzer die Brennweite und je grösser die num. Apertur des Objektivs, um so geringer ist die Tiefenzeichnung. Letztere beträgt beispielsweise für ein System mit 0,35 num. Apertur = 0,03 mm, für ein solches mit 1,0 nur 0,002 mm.

Der Mikroskopiker pflegt, abgesehen von der Akkommodationsfähigkeit seines Auges, die mangelnde Tiefenzeichnung dadurch aufzuheben, dass er, während das Auge in den Tubus blickt, durch Drehen der Mikrometerschraube die Einstellung fortwährend verändert; natürlich kann hiervon beim Photographiren nicht die Rede sein.

Mangelnde Tiefenzeichnung der Objektive war einer der Hauptgründe, weshalb sich die Mikrophotographie in den Laboratorien der Histologen durchaus nicht einbürgern wollte. Das Ungeschick derer, die immer wieder versuchten, Präparate aufzunehmen, in denen die wesentlichsten Dinge verschiedenen Ebenen angehören, trug dazu bei, die Mikrophotographie gehörig in Misskredit zu bringen.

Von grösster Wichtigkeit für die Mikrophotographie ist endlich das Begrenzungsvermögen, die Definition¹, des Objektivs, d. h. die durch genaue Centrirung der Linsen und durch möglichste Beseitigung der sphärischen und chromatischen Abweichung herbeigeführte Fähigkeit, ein farbenreines und scharfes Bild zu liefern. Die sphärische Abweichung hat bekanntlich ihren Grund darin, dass von einem Punkte ausgehende Strahlen, welche die Kugeloberfläche einer Linse unter verschiedenem Einfallsinkel treffen, sich nicht in einem Punkte schneiden. Hierdurch entstehen viele dicht hinter einander liegende Bilder, welche dem Auge als ein einziges Bild mit verschwommenen Umrissen erscheinen. Die chromatische Abweichung ist dagegen bedingt durch den Umstand, dass der Brechungsindex für Strahlen von verschiedener Farbe ein verschiedener ist. Beseitigt wird diese Farbenzerstreuung durch Verwendung verschiedener Glassorten von verschiedenem Farbenzerstreuungsvermögen für die Linsen des Systems. Während man auf diese Weise zwei Strahlengattungen, z. B. die rothen und blauen, auf genau gleiche Brennweite bringen kann, so gelingt dies nicht ohne

¹⁾ Die Bezeichnungen Definition und Penetration werden von den verschiedenen Autoren in sehr verschiedenem Sinne angewendet. Man kann diese Fremdwörter, welche nur Verwirrung anrichten, ohne Schaden entbehren.

Weiteres mit den dazwischen liegenden Spektralfarben, welche sich als farbige, die Bildschärfe beeinträchtigende Zerstreuungskreise (sekundäre Farbenabweichung) von nicht unbedeutender Ausdehnung und Lichtstärke im mikroskopischen Bilde bemerkbar machen. Ferner bereitet der Umstand, dass Strahlenkegel, welche unter verschiedener Neigung in das Objektiv treten, eine gleichartige Farbenvereinigung nicht erfahren, den Optikern arge Schwierigkeiten. Diese als chromatische Differenz der sphärischen Abweichung bezeichnete Erscheinung giebt sich zu erkennen durch eine mehr oder minder starke Ungleichheit der chromatischen Korrektion zwischen den mittleren Zonen und der Randzone des Objektivs, d. h. also durch ungleiches Hervortreten von Farben bei centraler und bei schiefer Beleuchtung.

Um vollkommene Achromasie herbeizuführen, baute BARLOW in den zwanziger Jahren dieses Jahrhunderts ein Objektiv aus einer bikonvexen Kronglaslinse und einer bikonkaven, mit Schwefelkohlenstoff gefüllten Linse, ohne jedoch das gewünschte Ziel zu erreichen. Einen durchschlagenden Erfolg errang erst 50 Jahre später Prof. ABBE¹, indem er zwischen zwei Linsen aus Kron- und Flintglas eine Flüssigkeit von sehr hoher Farbenzerstreuung aber verhältnismässig niedrigem Brechungsindex einschaltete. Ein derartiges Versuchsobjektiv, welches ein völlig farbenfreies Bild ergab, hat ZEISS nach den Berechnungen ABBE's schon im Jahre 1873 fertiggestellt.

Um diesen Systemen grössere Haltbarkeit zu geben, ersetzte Prof. ZENGER² die Flüssigkeit durch eine gallertige Substanz, welche in geeigneter Weise mit Kronglaslinsen in Verbindung gebracht wurde. Jedoch auch diese Objektive konnten sich nicht einbürgern; ihre Leistungsfähigkeit wurde verschieden beurtheilt.

Eine endgültige Lösung der schwebenden Frage gelang erst den vereinigten Bemühungen von ABBE, SCHOTT und ZEISS³. Es ist klar, dass Linsen aus Flüssigkeiten und gallertigen Substanzen für den Mikroskopiker praktische Bedeutung nicht haben. Neue Glassorten mussten hergestellt werden, die in Bezug auf Brechung und Farbenzerstreuung von den bisher benutzten Sorten wesentlich abweichen. Nachdem durch ABBE hierfür die leitenden Grundsätze aufgestellt waren, begab sich SCHOTT an die Arbeit und hatte bald günstige Erfolge zu verzeichnen. Die preussische Regierung unterstützte das kostspielige Unternehmen

¹⁾ Journal of the Royal Microscopical Society 1879 S. 812. — Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie Bd. I, 1884, S. 487.

²⁾ ZENGER, Dioptrische Studien. Prag 1882. — Central-Zeitung für Optik und Mechanik Bd. IV, 1883, S. 254.

³⁾ Zeitschrift f. wissenschaftl. Mikroskopie Bd. III, 1886, S. 224 u. 303.

durch eine Beihilfe von 60,000 Mark. Nachdem eine Reihe neuer Glassorten, insbesondere Silicium-, Borat- und Phosphatgläser gewonnen waren, ging Zeiss an das Schleifen der Linsen. Doch liessen sich mit den neuen Gläsern allein die Fehler der alten Objektive nicht beseitigen; man musste zu einem festen, durchsichtigen Medium greifen, dessen Brechung und Farbenzerstreuung eine ganz eigenartige ist, nämlich zum Flusspat (Fluorkalzium). Dasselbe verbindet mit einem ungemein niederen absoluten Brechungsexponenten ein sehr geringes, relatives Zerstreuungsverhältnis und giebt in Kombination mit Flintglas von gewöhnlichem Typus sekundäre Abweichungen der Farbenvereinigung, die ein entgegengesetztes Vorzeichen den gewöhnlichen Spektren sekundärer Natur gegenüber haben. Eine Linsen-Verbindung von Flusspat und Flintglas ist daher im Stande, die sekundäre Farbenabweichung einer gewöhnlichen achromatischen Linsenkombination zu korrigiren. Mit dieser Erkenntnis war für den Optiker der Stein der Weisen gefunden.

Während mit den früheren Flint- und Kronglasarten nur zwei verschiedene Farben zu demselben Fokus vereinigt werden konnten und ein sekundäres Spektrum unkorrigirt blieb, vereinigen die neuen Objektive drei Strahlen verschiedener Farben und lassen daher nur ein sehr kleines, wegen seiner geringen Lichtstärke unschädliches tertiarés Spektrum übrig. Ferner hatte sich bisher die sphärische Korrektion auf Strahlen einer Farbe beschränken müssen. Nunmehr wurde dieselbe für zwei verschiedene Spektralfarben möglich, und das Objektiv zeigt denselben Grad der chromatischen Korrektion für den centralen, wie für den Randtheil.

Durch diese Verhältnisse ist eine vollkommenere Konzentration der vom Objekt ausgehenden Lichtstrahlen gegeben, welche für die praktische Verwendung folgende Vortheile hat: Während bei den alten Objektiven von einigermassen grosser Oeffnung die unvermeidlichen Mängel der Strahlenvereinigung ein genaues Zusammenwirken der Randzone mit den mittleren Theilen der Oeffnung in erheblichem Masse beeinträchtigen und daher niemals diejenige Höhe des Abbildungsvermögens wirklich zu Stande kommen lassen, welche der vorhandenen numerischen Apertur entspricht, kommt bei den neuen Systemen die Oeffnung in ihrem vollen Betrage zur Geltung. Praktisch verhalten sich demnach letztere so wie entsprechende Objektive alter Konstruktion mit wesentlich grösserer num. Apertur. Ferner vertragen die neuen Objektive eine stärkere Okularvergrösserung, ohne dass dadurch Unschärfe und der mit ihr stets verbundene Eindruck von Lichtmangel hervortritt.

Der für den Mikrophotographen wichtigste Vortheil ist jedoch das Zusammenfallen des optischen und chemischen Brennpunktes, also das Fehlen der Fokusdifferenz.

ZEISS nannte seine neuen Objektive wegen der Farbenfreiheit des Bildes Apochromate. Nachdem dieselben weiteren Kreisen zugänglich gemacht waren, begannen andere optische Werkstätten mit der Nachbildung. Alle derartigen Versuche scheiterten jedoch anfänglich an dem Umstände, dass man von der Verwendung des Flusspats nichts wusste. Erst als auch hierüber Genaueres in die Oeffentlichkeit drang, gelang es einigen geschickten Optikern, Systeme herzustellen, welche den Namen Apochromate verdienen.

Gegenwärtig wird manches Objektiv als Apochromat von seinem Verfertiger angepriesen, welches keinen einzigen der Vorzüge besitzt, die den wirklichen Apochromaten eigenthümlich sind. Mit um so grösserer Dreistigkeit wird dann behauptet, dass derartige Systeme die Fabrikate von ZEISS sogar übertreffen.

Bei den älteren Apochromaten erwiesen sich einige der verwendeten Glassorten als ausserordentlich empfindlich, zumal gegen feuchtes Klima. Die Oberfläche der Linsen trübe sich und das System wurde unbrauchbar. Neuerdings verwendet ZEISS für die Apochromate aber nur noch Glassorten, welche in Bezug auf Widerstandsfähigkeit den höchsten Ansprüchen genügen.

2. Die Projektion des Bildes

Betrachten wir nunmehr die Methoden, deren man sich zum Entwerfen des durch das Objektiv erzeugten Bildes auf die lichtempfindliche Platte bedient.

Zuerst benutzte man, wie dies schon DAVY im Anfang dieses Jahrhunderts gethan hatte, lediglich das Objektiv zur Projektion. Hierbei muss man nach Herausnahme des Okulars den Tubus durch Drehen der Mikrometerschraube dem Objekte um so mehr nähern, je weiter die lichtempfindliche Platte vom Objektisch entfernt ist. Die an den Tubuswänden entstehenden Lichtreflexe werden dadurch ausgeschlossen, dass man den oberen, bei den meisten Mikroskopstativen abnehmbaren Theil des Tubus losschraubt und in den übrig bleibenden Rest des

Rohrs eine Blende einsetzt. Die ungewöhnlich weiten Rohre, wie sie FRITSCH und ZEISS anwenden, beugen dem Entstehen von Reflexen am sichersten vor.

Für grosse Bilder ist bei diesem Verfahren eine ungewöhnlich lange Kamera nöthig, oder nachträgliche Vergrösserung der mit kurzer Kamera aufgenommenen Negative. Dies veranlasste die Mikrophotographen, sich die Okularvergrösserung zu Nutze zu machen. Schon der auf Seite 2 (Figur 1) beschriebene, aufrecht stehende Apparat von MAYER ist für Aufnahmen mit Objektiv und Okular bestimmt. POHL und WESELSKY¹ verlangen ausdrücklich für ihren Apparat (Figur 2) die Verwendung von Objektiv und Okular, und zwar das aplanatische Okular von PLÖSSL in Wien.

Hat man bei der Okularbeobachtung scharf eingestellt und will nun das Bild auf der Visirscheibe entwerfen, so ist der Tubus durch Drehen der Mikrometerschraube ein Wenig zu heben. Je kürzer die Balgenlänge, um so mehr muss das Objektiv vom Objekte entfernt werden.

In der Folgezeit gingen die Meinungen über den Werth oder Unwerth der Okulare für die Mikrophotographie sehr auseinander. Während das Okular von einzelnen Seiten gänzlich verworfen wurde, glaubten andere Mikrophotographen dasselbe nicht entbehren zu können. Man beschuldigte das Okular, der Lichtstärke des Bildes Abbruch zu thun und die Belichtungszeiten wesentlich zu verlängern. Dieser Vorwurf ist nicht stichhaltig; denn die durch die Okulargläser absorbierte und von den Oberflächen derselben reflektierte Lichtmenge ist verschwindend geringfügig gegen die Menge des hindurchtretenden Lichtes. Die scheinbar grössere Lichtschwäche des Bildes ist Folge der stärkeren Vergrösserung. Ersetzt man die Okularvergrösserung durch eine lange Kamera, so erscheint das Bild ebenso lichtschwach.

Bei Objektiven gewöhnlicher Konstruktion erhält man weder mit noch ohne Okular befriedigende Resultate. Dies hat in Folgendem seinen Grund: Der Optiker berechnet seine Objektive für eine bestimmte Tubuslänge², auf dem europäischen Festlande in der Regel für eine solche von 160 mm (ZEISS) oder von 180 mm, in England dagegen, wo man auf stattliches Aeussere des Instruments Werth legt, für eine solche von 250 mm. Nur für diese Bildabstände sind die Linsen sphärisch und chromatisch korrigirt. Entwirft man das Bild

¹) Sitzungsberichte d. mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu Wien Bd. XXIII, 1857, S. 317.

²) Die Tubuslänge wird gerechnet von der Anschlagstelle des Objektivs bis zum oberen Rande des Tubus.

auf einer Platte, welche sich in grösserem Abstande vom Objekt befindet, so lässt die Zeichnung in Bezug auf Schärfe und Farbenreinheit zu wünschen übrig. Die Schärfe wird einerseits beeinträchtigt durch die nunmehr mangelnde Korrektion der sphärischen Abweichung, andererseits durch den Umstand, dass bei dem grösseren Bildabstande sich die verschiedenen Farben nicht genau decken; denn das durch die rothen Strahlen erzeugte Bild hat eine andere Grösse als das durch die blauen erzeugte. Eine Folge hiervon sind breite Farbensäume, die das Zustandekommen scharfer Umrisse im Negativ verhindern. Diese Fehler fallen bei Objektiven von hoher num. Apertur am meisten auf; sie können durch Korrektionsfassung wohl vermindert, aber nicht ganz beseitigt werden. Die von REICHARDT und STÜRENBURG¹ empfohlene Anbringung von Blenden dicht über dem Objektiv verringert zwar die sphärische Abweichung; doch wird hierdurch die num. Apertur der Objektive eingeschränkt.

Bei dem von VAN HEURCK geübten Verfahren, die lichtempfindliche Platte dort anzubringen, wo sich bei der Okularbeobachtung das Okular befindet, werden die gerügten Fehler vermieden, doch erhält man hierbei so kleine Bilder, dass eine nachträgliche Vergrösserung der Negative sich als nothwendig erweist.

Das durch Objektiv und Okular auf der Visirscheibe erzeugte Bild lässt gleichfalls zu wünschen übrig: Nicht nur die Begrenzung des Gesichtsfeldes, sondern auch alle Einzelheiten des Bildes zeigen breite Farbensäume und die Zeichnung ist unscharf. Das Okular in seiner gewöhnlichen Form liefert eben nur in Verbindung mit den brechenden Medien des Auges auf der Netzhaut ein scharfes, farbenfreies Bild.

Die Bestrebungen der Optiker richteten sich frühzeitig darauf, die soeben angedeuteten Mängel zu beseitigen. Man konstruierte deshalb Objektive, welche speciell für photographische Aufnahmen berechnet waren. Hierbei musste noch ein anderer Punkt berücksichtigt werden, den wir im Vorhergehenden schon flüchtig andeuteten, der jedoch erst an späterer Stelle eingehend erörtert werden soll, nämlich die Fokussdifferenz, die Differenz des chemischen und optischen Brennpunktes. Dem Optiker erwuchs also die Aufgabe, Objektive herzustellen, bei denen einerseits der optische und chemische Brennpunkt zusammenfällt, andererseits die sphärische und chromatische Abweichung bei einem grösseren Bildabstande, als sonst üblich, am besten korrigirt ist.

Streng genommen können derartige Systeme nur für eine bestimmte Kameralänge, also auch nur für eine bestimmte Vergrösserung tadellose Bilder liefern.

¹⁾ A. a. O. S. 10.

WALES in Amerika und GUNDLACH in Berlin scheinen die Ersten gewesen zu sein, welche sich mit der Herstellung photographischer Objektive abgaben. GUNDLACH nannte diese Systeme seltsamer Weise achromatische, als ob die anderen nicht auch achromatisch wären. Allerdings wohnt ihnen ein höherer Grad der Achromasie inne. GUNDLACH fertigte Objektive von $1''$, $\frac{1}{2}''$, $\frac{1}{3}''$, $\frac{1}{4}''$ und $\frac{1}{8}''$ Brennweite, auf neunzöllige Entfernung des Bildes vom Objekte berechnet. Man erhält mit denselben ohne Okular also nur kleine Bilder, welche in den weit-aus meisten Fällen nachträgliche Vergrösserung erfordern. Nach FRITSCH sind diese Objektive nicht ganz frei von Fokusdifferenz; doch kann man dieselben ohne wesentlichen Nachtheil auch für grössere Bildabstände verwenden. Die in der Folgezeit von SEIBERT und KRAFFT gefertigten photographischen Objektive wurden dadurch berühmt, dass ROBERT KOCH² mit denselben seine vortrefflichen Bakterienphotogramme herstellte. Nach KOCH sind diese Systeme frei von Fokusdifferenz und geben, ohne Okular angewendet, auf weiten Bildabstand scharfe Bilder. Allgemeinere Verbreitung konnten sie jedoch niemals finden, theils weil es nicht Jedermann's Sache ist, sich für mikrophotographische Zwecke einen besonderen Satz theurer Systeme anzuschaffen, theils weil man lernte, die den gewöhnlichen Objektiven anhaftenden Fehler durch einfache Massnahmen unschädlich zu machen.

Die im Vorigen genauer beschriebenen Apochromate sind sehr vollkommene photographische Objektive, da in ihnen sowohl die Fokusdifferenz als auch die sphärische Abweichung in ausgezeichneter Weise verbessert ist; allerdings dürfen sie ohne Okular nur für einen bestimmten Bildabstand (160 oder 250 mm) verwendet werden; bei grösseren Abständen bedient man sich besonderer, im Folgenden näher zu beschreibender Okulare.

Um die gewöhnlichen Objektive auch für grossen Bildabstand brauchbar zu machen, griff der Amerikaner WOODWARD auf ein schon vor vielen Jahren geübtes Verfahren zurück. Als nämlich das Sonnenmikroskop in Blüthe stand, benutzte man, um die Vergrösserung des Objektivsystems zu steigern und das Bild möglichst eben zu machen, an Stelle des Okulars eine Konkavlinse. WOODWARD erkannte, dass eine derartige Linse nicht nur für die Vergrösserung, sondern auch für die Korrektion der durch zu grossen Bildabstand erzeugten Fehler in der Mikrophotographie von Nutzen sei. Er liess sich im Jahre 1870 von TOLLES in Boston eine achromatische Konkavlinse (von ihm Amplifier

¹⁾ „Licht“, Zeitschrift für Photographie 1869.

²⁾ COHN, Beiträge zur Biologie der Pflanzen Bd. II S. 399. Breslau 1877.

genannt) schleifen, welche bei einem Durchmesser von $0,7''$ und einer Brennweite von $6,5''$ an Stelle des Okulars in den Tubus eingesetzt ein reelles Bild des Objektes entwarf.

Bei Verwendung des Amplifiers verfährt man folgendermassen: Nachdem ein beliebiges Objekt mit irgend einem schwachen Objektiv genau eingestellt ist, wird das Okular entfernt und an dessen Stelle die Konkavlinse gebracht, die in einer mit Millimetertheilung versehenen Hülse gefasst sich im Tubus verschieben lässt. Das Mikroskop wird nun ohne Aenderung der genauen Einstellung mit der photographischen Kamera in Verbindung gebracht und die Konkavlinse so lange vor- oder zurückgeschoben, bis auf der Visirscheibe das Objekt in grösster Schärfe erscheint. Die so ermittelte Stellung der Schiebhülse im Tubus ist an der Skala abzulesen und zu notiren. Diese Stellung der Hülse ist für jedes andere Objektiv bei dem gewählten Bildabstande die gleiche. Für geringere oder grössere Bildabstände muss die Stellung der Konkavlinse durch neue Versuche ermittelt werden.

Befindet sich der Amplifier in richtiger Lage im Tubus, so tritt damit derselbe Korrektionszustand ein, der für die Okularbeobachtung bei der normalen Tubuslänge besteht. Ausserdem bringt die Konkavlinse das Bild auf eine 2- bis 3mal stärkere Vergrösserung, als das Objektiv allein bei gleichem Plattenabstande geben würde.

Der Amplifier, dessen Anwendung, wofern nämlich die beste Korrektion des Objektivs gesichert werden soll, nicht ganz einfach und schon deshalb unbequem ist, weil derselbe tief in den Mikroskopitubus eingeführt werden muss, wurde in neuester Zeit durch eine sehr zweckmässige von ABBE-ZEISS angegebene Linsenkonstruktion, das Projektions-Okular, verdrängt. Das Wesentliche dieser Methode besteht darin, dass man das vom Objektiv erzeugte Bild genau in demselben Abstand entstehen lässt, in welchem es bei der gewöhnlichen Okularbeobachtung zu Stande kommt, dieses Lichtbild aber mittels eines besonderen Linsensystems, welches für derartige photographische Abbildungen korrigirt ist, vergrössert auf die empfindliche Platte projicirt. Diesem Linsensystem ist äusserlich die Form eines Okulars gegeben, um es ganz wie ein solches durch Einschieben in den Tubus mit dem Objektiv verbinden zu können. Nach der Lage des Augenpunktes, d. h. des Kreuzungspunktes der hindurchtretenden Strahlen, und nach der Art der Korrekctionen ist es jedoch von eigentlichen Okularen durchaus verschieden. Es ist in Wirklichkeit ein mit einer Kollektivlinse verbundenes Objektiv von 60 mm bezüglich 30 mm Brennweite, welches nach Art der Photographenobjekte von grösseren Dimensionen sphärisch und chromatisch korrigirt und daher namentlich frei von sekundärer Farbenabweichung und von

Fokusdifferenz ist; dasselbe hebt in dem projicirten Bilde, wie die Kompensations-Okulare¹ bei der Okularbeobachtung, die Vergrösserungsdifferenz der verschiedenen Farben auf, welche die stärkeren Mikroskop-Objektive in dem direkten Bilde unkorrigirt bestehen lassen. Zwischen dem Kollektiv und dem genannten Linsensystem ist zur Begrenzung des Bildfeldes ein Diaphragma eingeschaltet, welchem das in einer Schiebhülse gefasste Linsensystem mehr oder weniger genähert werden kann.

Den Okulardeckel des Projektions-Okulars bildet ein Diaphragma, durch welches Reflexe im Tubus vollständig abgeblendet werden. Die Oeffnung dieses Diaphragmas ist der grössten Linsenöffnung der Apochromate entsprechend gewählt. Beim Gebrauch der apochromatischen Objektive von 0,6 und 0,3 num. Apertur kann es sich aber gelegentlich empfehlen, die wirksame Oeffnung des Objektivs zu beschränken, um gleichmässigere Bildschärfe bis zum Rande des Bildfeldes zu erzielen. Für diesen Zweck werden jedem Projektions-Okular zwei Diaphragmen mit abgestuften kleineren Oeffnungen beigegeben, welche sich an Stelle des normalen Diaphragmas aufstecken lassen. Man hat hierbei darauf zu achten, dass diese engeren Diaphragmen nicht irrtümlich auch dann am Okular bleiben, wenn die volle Oeffnung der Objektive wirksam sein soll. Die Brennweite der Projektions-Okulare ist so gewählt, dass sie mit dem kontinentalen Tubus von 160 mm Rohrlänge die Vergrösserungswirkung auf das Zweifache (Okular No. II), bezüglich das Vierfache (No. IV) von der direkten Vergrösserung des Objektivs bei gleichem Plattenabstand steigern, mit dem englischen Tubus von 250 mm Rohrlänge aber auf das Dreifache (No. III), bezüglich Sechsfache (No. VI). Sie gestatten also auch bei Objektiven von relativ langer Brennweite stark vergrösserte Bilder, ohne dass man auf allzu grosse Plattenabstände geführt würde. Der Bildabstand kann bei Okular No. II und III bis auf 400 mm, bei No. IV und VI bis auf 250 mm, vom Okular ab gerechnet, vermindert, übrigens aber beliebig grossgenommen werden. Obgleich ursprünglich für die Apochromate berechnet, lassen sie sich mit Vortheil auch für gewöhnliche Objektive von hoher num. Apertur verwenden.

Das ZEISS'sche Projektions-Okular No. 2 besitzt ein nur kleines Gesichtsfeld, was durch die geringe Weite des Tubus bedingt wird. Um ein grösseres Gesichtsfeld ausnutzen zu können, baut ZEISS jetzt

¹⁾ Das Eigenthümliche der sogen. Kompensations-Okulare besteht in der Verbindung einer als Kollektivglas dienenden Flintlinse mit einem Flint-Kronglas-Achromaten (Augenglas). Die gewöhnlichen Okulare sind dagegen aus zwei Kronglas-Linsen gefertigt.

auch ein Projektions-Okular No. II* mit wesentlich grösserem Linsendurchmesser. Dasselbe ist ausschliesslich für Benutzung mit dem grossen mikrophotographischen Stativ bestimmt und wird mittels eines beigegebenen, an den Haupttubus anzuschraubenden Ansatzstückes am Stativ befestigt. Das Sehfeld dieses Okulars ist etwa doppelt so gross, die Vergrösserung und sonstige optische Wirkung die gleiche, wie bei dem gewöhnlichen Projektions-Okular No. II. Um bei Benutzung desselben das Gesichtsfeld nach Belieben einengen zu können, wird dasselbe auch mit Irisblendung an Stelle des gewöhnlichen Diaphragmas geliefert.

Um das Bild mit Hilfe des Projektions-Okulars auf der Visirscheibe zu entwerfen, verfährt man folgendermassen: Nach vorläufig bewirkter Einstellung des Präparates mittels eines gewöhnlichen Okulars wird an Stelle des letzteren, ohne an der Tubuslänge etwas zu ändern, das Projektions-Okular eingeführt und die vordere Linse desselben durch Heraus- oder Hereindrehen so lange verschoben, bis die im Okular befindliche Blende sich auf der Visirscheibe als Begrenzung des Gesichtsfeldes scharf abbildet. Zu diesem Zwecke muss die Projektionslinse um so mehr herausgedreht werden, je geringer der Abstand der Scheibe vom Mikroskop ist. Die Ermittelung der besten Okularlänge ist eine ziemlich mühselige Arbeit, doch verfahre man hierbei recht genau. Die einmal ermittelte Stellung der vorderen Okularlinse ist für dieselbe Kameralänge stets die gleiche. Um das Auffinden und Festhalten eines bestimmten Abstandes der Okularlinsen zu erleichtern, brachte Zeiss an dem oberen Ende des Okulars Kreistheilung an.

Erst nachdem in angegebener Weise scharfe Begrenzung des Gesichtsfeldes erreicht ist, stellt man mit Hilfe der Mikrometerschraube das Bild auf der Visirscheibe scharf ein.

Vor Jahren wurde Verfasser¹ durch theoretische Erwägungen darauf gelenkt, zu untersuchen, unter welchen Verhältnissen das gewöhnliche Okular zur Projektion des Bildes verwendbar wird. Versucht man mit einem Okular auf der Visirscheibe scharf einzustellen, so zeigen, wie schon erwähnt, sowohl die Einzelheiten des Objektes, besonders nach dem Rande hin, als auch die Begrenzung des Gesichtsfeldes Farbensäume. Ganz anders gestaltet sich die Sache, wenn man wie beim Projektions-Okular die beiden Linsen etwas von einander entfernt: Die Farbensäume schwinden und Objekt wie Begrenzung des Gesichtsfeldes erscheinen in voller Klarheit. Entfernt man die Linsen zu weit, so wird das Bild schlechter und die Farbensäume treten wieder

¹⁾ Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie Bd. V, 1888, S. 328.

auf. Bei zu kurzem Okular (so wie dasselbe für die gewöhnliche mikroskopische Beobachtung dient) hat die Begrenzung des Gesichtsfeldes auf der Einstellscheibe einen blauen, bei zu langem einen rothen Saum. Massgebend für die richtige Länge ist die Farbenfreiheit dieser Begrenzung, und nicht, wie bei den *ZEISS'schen* Projektions-Okularen, die Schärfe derselben.

Zur Erzielung schleierfreier Bilder wird es fernerhin nöthig, eine kleine 5 mm im Durchmesser messende Blende unmittelbar über der vorderen Okularlinse anzubringen.

Beide Aenderungen lassen sich ohne Weiteres an jedem Okular ausführen; eine $2\frac{1}{2}$ cm lange Papphülse, die über die Messinghülse des Okulars geschoben wird und die an ihrem oberen Ende die dem Auge zugekehrte Linse trägt, genügt vollkommen. Die in dem Okular vorhandene Blende verbleibt an ihrem alten Fleck. Die über das Okular zu stülpende neue Blende wird ebenfalls mittels einer kurzen, abnehmbaren Hülse befestigt. Ueberlässt man die Aenderung einem Mechaniker, so empfiehlt es sich, die Anordnung derart zu treffen, dass die das Augenglas tragende Hülse im Innern der Okularhülse sitzt, damit das Okular wie bei gewöhnlicher Beobachtung an unveränderter Stelle im Tubus verbleiben kann. Auf jeden Fall benutze man für derartige Versuche nur ganz schwache Okulare. Im Grossen und Ganzen schwankt die nothwendige Verlängerung zwischen 1 und 2 cm. Für jeden Bildabstand ist die erforderliche Länge des Okulars durch einen besonderen Versuch festzustellen.

Die auf diese Weise gewonnenen Projektions-Okulare geben auch mit gewöhnlichen Objektiven von geringer num. Apertur scharf gezeichnete Negative.

Es darf nicht unerwähnt bleiben, dass *HARTING*¹⁾ schon vor einem Vierteljahrhundert zur Projektion des Bildes bei seinen mikrophotographischen Arbeiten sich eines *AMICI'schen* Okulars bediente, bei dem sich der Abstand der beiden Linsen nach Belieben vergrössern oder verringern liess. *HARTING* giebt an, er habe die beiden Okularlinsen so weit von einander entfernt, bis die Theilstriche eines als Objekt dienenden Mikrometers bis zum Rande hin gerade verliefen. Er führt also durch die Verlängerung des Okulars eine Korrektion der Distortion, d. h. der Krümmung, welche gerade Linien ausserhalb der Achse durch die Abbildung erleiden, herbei. Eine solche Korrektion ist bei unseren heutigen, viel vollkommeneren Objektiven nicht mehr nöthig. Die gegen-

— — —
¹⁾ *HARTING*, Das Mikroskop Bd. II S. 287. Braunschweig 1886, Vieweg & Sohn.

wärtig durch Projektions-Okulare angestrebte Korrektion der sphärischen und chromatischen Abweichung war bei den damaligen Objektiven auf diesem Wege nicht zu erreichen.

Ab und zu taucht die Behauptung auf, dass Projektions-Okulare völlig überflüssig seien, dass man ganz ohne Okular oder mit gewöhnlichen Okularen ebenso gute Bilder herstellen könne. Thatsächlich liegen die Verhältnisse folgendermassen: Da man gegenwärtig in der Mikrophotographie fast ausschliesslich mit einfarbigem Lichte arbeitet, so kommen die auf S. 55 erwähnten Farbensäume (ein Produkt mangelhafter chromatischer Korrektion beim Projiciren ohne Okular oder mit gewöhnlichen Okularen) in Fortfall. Bestehen bleibt die mangelhafte Korrektion der sphärischen Abweichung, wenn man das Bild ohne Okular auf eine grössere Entfernung hin entwirft. Ist hier jedoch der Abstand der Platte vom Objektiv kein allzu bedeutender, so können die Fehler sich in so engen Grenzen halten, dass sie im Bilde nicht besonders störend auftreten. Wer also durchaus die Ausgabe für das Projektions-Okular sparen will, möge (vorausgesetzt, dass man mit einfarbigem Lichte arbeitet) bei schwachen Objektiven und geringfügiger Kamerалänge — insbesondere also bei Verwendung der senkrechten Kamera — ohne Okular photographiren, bei grösserer Kameralänge und schwachen Objektiven dagegen mit einem gewöhnlichen (HUYGHENS'schen) Okulare. Für stärkere Objektive sind die Kompensations-Okulare mehr geeignet. Niemals möge man aber vergessen, dass den allerhöchsten Anforderungen nur die Projektions-Okulare genügen.

Kommt es bei kurzer Kamera auf ungewöhnlich starke Okularvergrösserung an, so ist man gezwungen, zu den hohen Nummern der Kompensations-Okulare zu greifen. Stärkere Projektions-Okulare würden nämlich vor den Kompensations-Okularen keine merklichen Vorzüge darbieten.

Empfehlenswerther als kurze Kamera mit starkem Okular bleibt lange Kamera mit schwachem Okular.

Die Projektion des Bildes auf die Visirscheibe wurde endlich auch versucht durch Zuhilfenahme einer photographischen Landschaftslinse, welche man in grosse Nähe des oben im Tubus befindlichen gewöhnlichen (nicht verlängerten) Okulars bringt¹. Die ganze Anordnung gleicht dann in hohem Grade den Verhältnissen, wie wir sie beim Hineinschauen in das mit Objektiv und Okular versehene Mikroskop

¹⁾ VOGEL, Lehrbuch der Photographie S. 452. Berlin 1878, Oppenheim. Diese Anordnung ist von VOGEL schon in KREUTZER's Zeitschrift für Photographie und Stereoskopie (Bd. VII, 1863) beschrieben.

haben. Die dicht über dem Okular im Augenpunkte aufgestellte Landschaftslinse entspricht der Linse des Auges. Man erhält nach diesem Verfahren vortreffliche Resultate; es ist wunderbar, dass dasselbe nicht allgemeinere Verbreitung fand. Verfasser bediente sich dieser Anordnung bis zur Einführung der Projektions-Okulare fast ausschliesslich. Benutzt wurden ein Okular No. II von HARTNACK und ein STEINHEIL-scher Weitwinkel-Aplanat. Besondere Beachtung verdient bei Anwendung der Landschaftslinse der Umstand, dass das Bild auf der Platte erzeugt wird durch ein von Fokusdifferenz freies System.

Wer eine Landschaftslinse nicht besitzt, wird sich zum Zwecke der Mikrophotographie eine solche allerdings nicht anschaffen. Man mache dem soeben beschriebenen Verfahren den Vorwurf, dass in Folge von Reflexion an den zahlreichen Linsenoberflächen und von Absorption im Innern der Gläser zu viel Licht verloren geht. Das ist nicht zutreffend, denin die Lichtverluste sind klein im Vergleich zu der hindurchtretenden Lichtmenge.

3. Die Fokusdifferenz

Wir kommen nunmehr zur Besprechung eines im Vorhergehenden schon wiederholt berührten Punktes, der Fokusdifferenz, d. h. der Differenz des chemischen und optischen Brennpunktes der Systeme. Wie im Obigen erörtert, gelang es früher nur, zwei verschiedene Farben des Spektrums — Roth und Blau — zu demselben Fokus zu vereinigen. Die dazwischen liegenden Farben Gelb und Grün, besonders aber das violette und ultraviolette Ende des Spektrums blieben unkorrigirt. Ueberdies konnte die Korrektion der sphärischen Abweichung nur für eine Farbe — in der Regel für die hellste — bewirkt werden, während für die dem violetten Ende des Spektrums nahe liegenden chemischen Strahlen eine Ueberverbesserung fortbestand.

Wenn man mit einem System, welches Fokusdifferenz besitzt, auf der Visirscheibe für das Auge möglichst scharf einstellt und nunmehr eine photographische Aufnahme macht, erhält man niemals ein scharfes Negativ, denn die für das Auge am meisten wirksamen gelben Strahlen schneiden sich in einem anderen Punkte als die für die photographische Platte wirksamen blauen und violetten.

Während man in der Porträt- und Landschaftsphotographie die soeben angedeuteten Fehler bald vermeiden lernte, blieb in der Mikrophotographie die Fokusdifferenz bis auf den heutigen Tag ein Stein des Anstosses, der ungezählte Platten vernichtete und manchen Forscher zur Verzweifelung brachte. Wenn wir sagen: „bis auf den heutigen Tag“, so ist das keineswegs übertrieben, denn täglich werden Systeme in den Handel gebracht, die angeblich frei von Fokusdifferenz sind, und bei denen der Mikrophotograph erst nach einer grösseren Reihe von Fehlaufnahmen merkt, dass der optische und chemische Brennpunkt trotz gegentheiliger Behauptung der Verfertiger nicht zusammenfallen.

Um die Fokusdifferenz zu beseitigen, schlug BERTSCH¹, einer der Ersten, die überhaupt brauchbare Mikrophotogramme verfertigten, vor, die Objektive auf einem eigenen, durch feine Schrauben zu bewegenden Schlitten zu befestigen, wo sie nach der Einstellung für das Auge um gewisse, durch Vorversuche zu ermittelnde Entfernungen verschoben werden sollen. SHADBOLT, REEVES, TRAER und HARTING benutzten zu dem gleichen Korrektionsverfahren die Mikrometerschraube des Mikroskops. HARTING² beschreibt das Verfahren folgendermassen: Der Kopf der Mikrometerschraube muss eine Theilung haben, die entweder auf ihm selbst oder auf einer damit verbundenen kreisförmigen Platte angebracht sein kann; eine feststehende Spitze dient als Zeiger. Hat man einmal durch vorgängige Probe ermittelt, um wie viele Theile die Schraube vor- und zurückgedreht werden muss, um von dem scharfen optischen zu dem scharfen photographischen Bilde zu gelangen, so lässt man fernerhin bei dem nämlichen Objektiv und Okular die nämliche Verbesserung eintreten. Ist die Mikrometerschraube sorgfältig gearbeitet und jeder todte Gang derselben vermieden, so giebt die Methode vortreffliche Resultate. Bei schwachen Objektiven lässt sie sich natürlich viel leichter anwenden als bei starken.

Ein anderes Verfahren, die Fokusdifferenz zu beseitigen, ist folgendes: Das Objektiv bleibt nach genauester Einstellung für das Auge in seiner Lage, dagegen wird die Stellung der Visirscheibe für die photographische Aufnahme verändert. Um hierbei die richtige Balgenlänge zu ermitteln, muss man systematisch zu Werke gehen. Die erste Aufnahme geschieht bei der für das Auge scharfen Einstellung; ohne an der Stellung der Mikrometerschraube das Geringste zu ändern, fertigt man nun noch mehrere Aufnahmen, theils mit längerer, theils mit kürzerer Kamera, und zwar wird jedes Mal bei Veränderung der

¹⁾ MOITESSIER, *La photographie appliquée aux recherches micrographiques* S. 179.

²⁾ HARTING, *Das Mikroskop* Bd. II S. 288.

Balgenlänge um 1 cm von Neuem exponirt. Selbstverständlich muss man sich genau notiren, welche Platte bei bestimmter Balgenlänge belichtet wurde. Besitzt die geprüfte Linse Fokusdifferenz, so kann die ursprüngliche Aufnahme, bei der das Auge das Bild scharf sah, nicht scharf geworden sein; vielmehr wird irgend eine andere der exponirten Platten ein gutes Bild liefern. Dann erübrigt nur, die Balgenlänge zu ermitteln, bei der diese Platte exponirt wurde, und man ist im Stande, für alle künftigen Expositionen mit dieser Linse die aus der Fokusdifferenz sich ergebenden Fehler zu vermeiden. Wurde beispielsweise die erste Aufnahme mit der für das Auge scharfen Einstellung bei einer Balgenlänge von 50 cm gemacht, und erweist sich dasjenige Negativ als das schärfste, welches bei einer Länge von 55 cm exponirt ist, so hat man in Zukunft nach genauester Einstellung die Kamera um 5 cm zu verlängern. Das heisst mit anderen Worten: Wenn die optisch wirksamen Strahlen des geprüften Systems sich bei bestimmter Stellung der Mikrometerschraube 50 cm vom Objekt entfernt schneiden, so schneiden sich die chemisch wirksamen erst in einem um 5 cm grösseren Abstande.

Um bei dieser Methode schon durch eine einzige Aufnahme den Abstand des chemischen vom optischen Brennpunkte genau zu ermitteln, verfuhren REICHARDT und STÜRENBURG¹⁾ folgendermassen: Als Aufnahmobjekt dient eine mit Mikrometermasstab versehene Platte, welche auf schiefer Unterlage derart geneigt auf dem Objekttisch liegt, dass die Richtung der Striche wagerecht bleibt. Hierbei ist also die Entfernung der verschiedenen Striche von der Frontlinse des Objektivs eine verschiedene, und es gelingt deshalb nicht, mehrere Striche gleichzeitig scharf zu sehen. Man stellt nun den in der Mitte des Gesichtsfeldes liegenden Strich auf der Visirscheibe ein und macht die Aufnahme. Erscheint im Negativ nicht dieser Strich, sondern vielleicht der benachbarte zur Rechten scharf, so ist die Fokusdifferenz erwiesen. Um den in der Mitte des Gesichtsfeldes liegenden Strich im Negativ scharf zu erhalten, müsste man die Kamera um so viel verlängern oder verkürzen, bis der zur Linken benachbarte Theilstrich auf der Visirscheibe dem Auge scharf erscheint. Die aus diesem Versuche sich als nothwendig ergebende Verlängerung oder Verkürzung der Kamera ist mit dem Centimetermasse zu messen und bei allen Aufnahmen mit demselben Objektiv zu berücksichtigen.

Statt der von REICHARDT und STÜRENBURG verwendeten mit Mikrometermasstab versehenen Platte wurde später eine mehrzeilige, mikro-

¹⁾ REICHARDT u. STÜRENBURG, Lehrbuch der mikroskopischen Photograpie S. 22.

skopische Schrift benutzt, welche in 100facher Linearvergrösserung deutlich lesbar ist. Man stellt bei einem derartigen, auf dem Mikroskopisch ebenfalls geneigt angebrachten Objekt beispielsweise auf Zeile 5 ein und macht die Aufnahme. Erscheint im Negativ nicht Zeile 5 sondern Zeile 3 scharf, so hat man in Zukunft, um Zeile 5 zu photographiren, die Balgenlänge so weit zu verändern, bis Zeile 7 auf der Visirscheibe sich scharf abbildet. Dasselbe Ziel wird erreicht, wenn man die Balgenlänge unverändert lässt und durch Drehen der Mikrometerschraube vom Bilde der Zeile 5 zu demjenigen der Zeile 7 gelangt. Die hierbei erforderliche Drehung ist von der Kreistheilung des Schraubenkopfes abzulesen. Bei jeder photographischen Aufnahme mit dem auf diesem Wege geprüften Objektivsystem dreht man, nachdem für das Auge scharf eingestellt ist, die Schraube so weit, als der obige Versuch als nothwendig ergab.

Da bei starken Objektiven geringfügigste Abweichungen im Objektiv-Abstande Unschärfe des Bildes zur Folge haben, so lässt sich bei ihnen die Fokusdifferenz auf die zuletzt beschriebene Weise nur mit grossen Schwierigkeiten unschädlich machen. Dazu kommt, dass wegen der kurzen Brennweite ein schräg auf dem Mikroskopisch angebrachtes Objekt in den seltensten Fällen Platz findet.

WENHAM's Korrektionsmethode der Fokusdifferenz beruht auf der Einschaltung einer bestimmten, durch Vorversuche ermittelten achromatischen Bikonvexlinse zwischen Objektiv und empfindlicher Platte, nachdem die Einstellung ohne diese Linse vorgenommen ist. Da jedes Objektiv eine eigene Linse erfordert, so konnte sich dies Verfahren als zu umständlich und kostspielig nicht einbürgern.

Einen eigenartigen Weg schlug Graf CASTRACANE¹ ein, welcher, wie dies BREWSTER² schon viel früher für die Okularbeobachtung angerathen hatte, einfarbiges Licht zum Photographiren verwendete, das natürlich nur einen Fokus haben kann. Er zerlegte das weisse Licht durch ein Prisma von grossem Zerstreuungsvermögen in seine Grundfarben und liess durch eine passende Blende nur die blauen Strahlen auf das Objekt fallen. Es ist klar, dass hierbei auch schlecht gearbeitete Objektive, bei denen nicht einmal der Fokus von zwei Farben gut vereinigt ist, brauchbare Resultate liefern müssen, da die Farbenzerstreuung ausser Spiel bleibt.

Das einfache Prisma BREWSTER's wurde später auf PRAZMOWSKI's Anregung von HARTNACK durch zwei mit einer Sammellinse verbundene

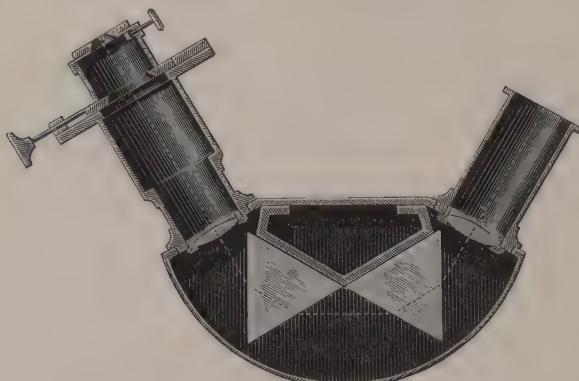
¹⁾ Nuovi Lincei Bd. XVII, 6. März 1864. — Bibliothèque universelle de Genève, Mai 1865.

²⁾ BREWSTER, Treatise on the Microscope 1837.

Prismen von besonders starker Dispersion ersetzt (Figur 28). Auf diese Weise gelingt es, bei etwas stärkeren Vergrösserungen das ganze Gesichtsfeld mit annähernd einfarbigem Licht zu beleuchten. Allerdings giebt diese Methode nur für ein verhältnismässig kleines Gesichtsfeld gleichmässige Beleuchtung.

Durch Verschiebung eines Spaltes können die verschiedenen Farben des Spektrums nach einander in das Sehfeld gebracht werden. Obgleich die Vorrichtung sich leicht unter dem Objekttische eines jeden grösseren Stativs befestigen lässt, scheinen doch in der Mikrophotographie praktische Versuche mit derselben leider wenig angestellt zu sein.

Eine andere Methode, einfarbiges Licht zu erlangen, besteht in der Anwendung eines Filters von farbigen Gläsern oder Flüssigkeiten.



28

Da die gewöhnliche photographische Platte für blaue Strahlen die grösste Empfindlichkeit besitzt, so griff man in erster Linie zu blauem Kobalt- oder Manganglas. Die Resultate befriedigten wenig, denn Gläser liefern kein einfarbiges Licht: neben den vorwiegend hindurchtretenden blauen Strahlen kommt ein nicht geringer Procentsatz von grünen, gelben und rothen zur Wirksamkeit. Weit bessere Resultate geben Glasscheiben, die mit blau gefärbtem Lack oder Kollodium (Anilinblau) überzogen sind, und vor Allem gewisse in Glasbehältern mit planparallelen Wänden (Küvetten) eingeschlossene Flüssigkeiten.

Die Herstellung der Küvetten bereitet keine Schwierigkeiten. Man kittet mit einem guten Kitt¹⁾ drei Glasstreifen oder einen U-förmigen

¹⁾ Z. B. bestehend aus 5 Theilen Kolophonium, 1 Theil gelbem Wachs und 1 Theil Caput mortuum; vor dem Gebrauche anzuwärmen.

Glasrahmen zwischen zwei möglichst ebene, fehlerfreie Spiegelglasplatten. Verfasser bedient sich als Zwischenlage eines U-förmig gebogenen Gummischlauches; vier Holzklammern, wie sie der Photograph zum Aufhängen der gesilberten Papiere verwendet, drücken die Scheibe gegen den Schlauch. Man hat hierbei den grossen Vortheil, die Küvette auseinandernehmen und die Scheiben auch an ihrer Innenseite reinigen zu können, was bei dem vielfach vorkommenden Auskristallisiren der gelösten Substanzen sich als nothwendig erweist. KLÖNNE & MÜLLER (Berlin) und ZEISS (Jena) führen Küvetten, bei denen die Scheiben mit Hilfe von weisser Emaille im Muffelofen auf die Zwischenlage aufgeschmolzen sind. Hierdurch wird vollständige Widerstandsfähigkeit gegen Alkohol, Aether, Säuren und Alkalien erreicht. Um den Durchmesser der Flüssigkeitsschicht nach Belieben abzustufen, fertigte man Küvetten, die sich wie eine Ziehharmonika ausziehen lassen. Praktischen Werth besitzen dieselben nicht, da man durch grössere oder geringere Konzentration der Lösung dasselbe erreicht. Es wäre wünschenswerth, die Behälter allgemein mit einem lichten Durchmesser von 1 cm herzustellen.

Wird es nothwendig, die Küvette nicht senkrecht, sondern wagenrecht anzubringen, so muss man in eine der allseitig geschlossenen Schmalseiten ein kurzes, rechtwinklig gebogenes, oben offenes Rohr einkitten, damit die Flüssigkeit auch bei vollständig gefülltem Behälter die Möglichkeit hat, sich bei stattfindender Erwärmung auszudehnen. Die in einigen Handlungen käuflichen Absorptionsflaschen sind nicht zu empfehlen, da wohl die äusseren Wände derselben parallel und völlig eben geschliffen sind, nicht jedoch die inneren.

Verschiedene Autoren verwendeten die absorbirenden Flüssigkeiten in kugelförmigen Behältern, in Schusterkugeln oder hohlen, plankonvexen Linsen¹. Bestimmte Vortheile werden hierdurch nicht geboten: da aber derartige Vorrichtungen stets sehr unvollkommene Linsen darstellen, so bleibt es auf jeden Fall besser, die gewünschte Lichtfarbe durch Flüssigkeitsschichten von bestimmter, gleichmässiger Dicke zu erzeugen und die zur Beleuchtung des Objektes nothwendige Beugung der Strahlen durch besondere Linsen hervorzurufen.

Eine der am längsten bekannten Absorptionsflüssigkeiten zur Erzeugung von blauem Licht ist die BARRESWIL'sche oder FEHLING'sche Lösung². Das sichtbare Spektrum derselben erstreckt sich vom Roth,

¹⁾ DERBY: American Monthly Microscopical Journal Bd. II S. 24.

²⁾ 34,6 g Kupfervitriol werden gelöst in 200 ccm Wasser; ferner 173 g weinsaures Natronkali (Seignettesalz) in 600 ccm einer Natronlauge von 1,12 spec. Gew. Nach dem vollständigen Auflösen mischt man beide Flüssigkeiten

wo es die grösste Helligkeit besitzt und man die Linie *C* noch deutlich sieht, bis zum Violett, wo die Linien *H* nur mit Mühe erkannt werden. Der chemische Theil des Spektrums beginnt für gewöhnliche Platten zwischen Grün und Gelb, reicht bis zur Linie *H*, erstreckt sich aber nicht in die ultraviolette Region. Bei dieser Gelegenheit sei bemerkt, dass verschiedene Plattensorten für dasselbe Licht verschiedene Empfindlichkeit besitzen. Dies war den Forschern schon vor 30 Jahren bekannt, und es konnte denselben nicht entgehen, dass aus diesem Grunde bei Aufnahmen mit ein und demselben Objektiv die bei bestimmten Platten sorten sich bemerkbar machende Fokusdifferenz bei Verwendung anderer Platten verschwand¹.

Die jetzt allgemein gebräuchlichen Bromsilber-Gelatine-Trockenplatten, welche für blaues und violettes Licht hohe, für grünes und gelbes Licht geringe Empfindlichkeit besitzen, lassen sich durch Behandeln mit gewissen Anilinfarben, insbesondere durch Baden in Lösungen von Eosin und Erythrosin², derart umstimmen, dass sie nunmehr für Grün und Gelb höhere Empfindlichkeit zeigen, als für Blau und Violett. Die Auswahl der richtigen Plattensorte spielt also bei allen Versuchen mit Lichtfiltern eine wesentliche Rolle.

Das durch eine mit FEHLING'scher Lösung gefüllte Küvette hindurchtretende Licht ist, wie wir aus dem Spektrum desselben ersehen, nichts weniger als einfarbig. Zwar fehlen die bei Erzeugung der Fokusdifferenz stark beteiligten ultravioletten Strahlen, dagegen sind die rothen und gelben, welche bei scharfem Einstellen auf der Visirscheibe für das Auge am meisten wirken, stark vertreten. Daher gelingt es nicht, mit Hilfe dieser Lösung die Fokusdifferenz ganz zu beseitigen. Durch die Möglichkeit, nur einen eng begrenzten Theil des Spektrums für die Beleuchtung des Objektes verwenden zu können, ist das Prisma — besonders in der durch HARTNACK verbesserten Form — den meisten Absorptionsflüssigkeiten weit überlegen.

Neben der FEHLING'schen Lösung wird das Kupferoxydammoniak-Filter von den Mikrophotographen schon lange Zeit benutzt. Man stellt dasselbe her durch Auflösen von schwefelsaurem Kupferoxyd (Kupfervitriol) in Salmiakgeist (Ammoniak). Die verschiedenen Konzentrationsgrade bedingen eine sehr verschiedene Durchlässigkeit für die einzelnen Abschnitte des Spektrums. In äusserst konzentriertem Zustande, wie

und füllt auf ein Liter auf. Die Mischung hält sich nur in voll gefüllten, gut verkorkten Flaschen.

¹⁾ MOITESSIER a. a. O. S. 178.

²⁾ Näheres hierüber in Abschnitt VI.

man dasselbe erhält durch Auflösen von 1 Theil fein gepulvertem Kupfervitriol in 4 Theilen Ammoniak von 0,96 spec. Gewicht, tritt nur blaues, violettes und ultraviolettes Licht hindurch; bei dünnerer Schicht oder Verdünnung mit Wasser kommt allmählich blaugrünes und grünes Licht hinzu, so dass schliesslich durch die noch recht dunkelblau aussehende Flüssigkeit Lichtstrahlen von Wellenlänge 515 ihren Weg finden. Das Einstellen ist dabei unter Anwendung einer sehr starken Lichtquelle, z. B. der Sonne, leicht, recht schwierig jedoch bei Lampenlicht, wegen der hochgradigen Verdunkelung des Gesichtsfeldes.

Also auch das Kupferoxydammoniak-Filter vermag die Fokusdifferenz nicht völlig zu beseitigen; bei schwachen Lösungen gehen zu viel optisch wirksame Strahlen hindurch; bei starken schaden die ultravioletten Strahlen.

Hat man unter Anwendung eines mit Fokusdifferenz behafteten Systems mit weissem Licht auf der Visirscheibe scharf eingestellt und beleuchtet nun mit einfarbigem blauen Licht, so kann, wenn sonst an der Einstellung nichts geändert ist, das Bild dem Auge nicht mehr scharf erscheinen. Vielmehr wird eine gewisse Drehung der Mikrometerschraube oder eine passende Verschiebung der Visirscheibe nothwendig, um wieder scharfe Umrisse zu erhalten. Dies findet aber nur dann statt, wenn man mit blauem Licht von eng begrenzter Wellenlänge arbeitet. Treten, wie bei den soeben besprochenen Filtern, auch grüne, gelbe und rothe Strahlen hindurch, so hat die Zwischenschaltung der blauen Lösung für das Auge keine wesentliche Veränderung der Schärfe zur Folge.

Das Kupferoxydammoniak-Filter, welches in sehr konzentriertem Zustande nur wegen seiner Durchlässigkeit für ultraviolette Strahlen die Fokusdifferenz nicht völlig beseitigt, muss durchaus befriedigende Resultate ergeben, sobald es gelingt, das ultraviolette Licht auszuschliessen. Nun absorbiren bekanntlich Lösungen von schwefelsaurem Chinin (1 : 100), welche mit einigen Tropfen Schwefelsäure angesäuert wurden, alle ultravioletten Strahlen; man hat demnach nur nöthig, ausser einer Küvette mit konzentriertem Kupferoxydammoniak noch eine solche mit Chinin-Lösung zwischen Lichtquelle und Objekt einzuschalten, um ein Licht herzustellen, bei dem Fokusdifferenz ausgeschlossen ist. Auch Lösungen von Aesculin (1,5 : 100) absorbiren die ultravioletten Strahlen.

Sobald das Objekt nicht unbedingt blaues Licht erfordert, ist es zur Vermeidung der Fokusdifferenz das Einfachste, man photographirt mit dem optisch wirksamen Theil des Spektrums, also den grünen und

gelben Strahlen. Bis vor zwei Jahrzehnten standen diesem Verfahren schwer zu überwindende Schwierigkeiten entgegen, da die gewöhnlichen Platten für diesen Abschnitt des Spektrums äusserst geringe Empfindlichkeit besitzen. Man hätte also die Belichtungszeit beinahe ins Unendliche verlängern müssen.

Seit Einführung der orthochromatischen Platten, besonders der Erythrosinplatten, sind diese Schwierigkeiten gehoben. Es erübrigte nur, ein Lichtfilter zu finden, welches ausschliesslich grüne und gelbe Strahlen von eng begrenzter Wellenlänge hindurchtreten lässt. Hierzu ist das ZETTNow'sche Filter¹ am meisten geeignet. Dasselbe wird hergestellt durch Auflösen von 160 g trockenem, reinem Kupfernitrat und 14 g reiner Chromsäure mit Wasser zu 250 ccm. Eine solche Mischung lässt bei 1 cm dicker Schicht nur gelbgrüne Strahlen von Wellenlänge 570-550 hindurch, für welche die Erythrosinplatte besonders hohe Empfindlichkeit besitzt. Bei grösserer Verdünnung treten orangefarbene Strahlen hinzu.

Bequemer herzustellen und für fast alle Fälle in 1-2 cm dicker Schicht ausreichend ist eine Lösung von 175 g Kupfervitriol, 17 g doppeltchromsaurem Kali und 2 ccm Schwefelsäure in Wasser zu 0,5 oder 1 l; auch hierdurch werden alle blauen und violetten Strahlen verschluckt.

Eine für das Auge fast gleiche Färbung, wie das saure Kupfer-Chromfilter besitzen eine Reihe anderer grüner Flüssigkeiten oder Verbindungen von gelben und blauen Farbstoffen, ohne jedoch dem Zwecke zu entsprechen wie jenes. Man erhält z. B. eine dem äusseren Ansehen nach der obigen sehr ähnliche Flüssigkeit durch Uebersättigen von Kupfersalzen mit Ammoniak und Versetzen mit chromsaurem Kali; dieselbe lässt jedoch nur solche grüne Strahlen hindurch, etwa von Wellelänge 510-455, für welche die Erythrosinplatte geringe Empfindlichkeit zeigt, so dass die Platte bei Benutzung des ammoniakalischen statt des sauren Kupferchromfilters ausserordentlich lange Belichtung erfordern würde.

GIFFORD² empfiehlt ein Lichtfilter von Malachitgrün. Dasselbe lässt in wässriger Lösung drei getrennte Lichtstreifen hindurch: ein schmales, dunkles Band im Roth, ein breiteres, helles im Blaugrün und ein nur photographisch nachweisbares im Ultravioletten. Bei Lösung dieses Farbstoffes in Glycerin ist das rothe Band so schwach, dass es vernachlässigt werden kann; das blaugrüne ist jedoch sehr hell. Setzt man

¹⁾ Centralblatt f. Bakteriologie u. Parasitenkunde Bd. IV, 1888, S. 51.

²⁾ Journal of the Royal Microscopical Society 1894 S. 164.

einen Pikrinsäurekristall hinzu, so verschwindet das für die Mikrophotographie schädliche ultraviolette Band vollständig. GIFFORD empfiehlt das so hergerichtete Filter besonders deshalb, weil es Benutzung von Erythrosinplatten überflüssig mache, da schon die gewöhnliche Platte ausreichende Empfindlichkeit für diejenigen (blaugrünen) Strahlen besitze, welche das Malachitgrün passiren. Wir können uns dieser Empfehlung aus zwei Gründen nicht anschliessen: Erstens ist die Empfindlichkeit sowohl der gewöhnlichen Platte wie der Erythrosinplatte gerade für blaugrüne Strahlen geringfügig; zweitens bietet die Erythrosinplatte für den Mikrophotographen noch ganz eigenartige Vortheile, über die wir später (Abschnitt VI 1) sprechen werden. Der Mikrophotograph möge daher niemals ohne zwingendste Gründe von Benutzung der Erythrosinplatte abgehen!

An Stelle von Malachitgrün empfahl GIFFORD¹ später Methylgrün, welches sich von ersterem dadurch unterscheidet, dass es weniger rothes und ultraviolettes Licht hindurchtreten lässt.

Arbeitet man mit einer Lichtquelle, welche (wie Petroleum-Kalk-AUER-Licht) viel gelbe und grüne, aber wenig blaue und violette Strahlen aussendet, so leistet zur Beseitigung der Fokusdifferenz auch das PikrinfILTER gute Dienste. Eine gesättigte wässrige Pikrinsäurelösung in 1 cm dicker Schicht lässt Strahlen vom Roth bis zum Blaugrün hindurchtreten; hiervon üben aber rothe und blaugrüne auf die Erythrosinplatte kaum nennenswerthe Wirkung aus. Es bleibt daher ein schmaler Bezirk von wirksamen Strahlen übrig. Gegenüber dem ZETTNOW'schen Filter hat das PikrinfILTER den Vorzug gröserer Helligkeit, was bei nicht sehr kräftigen Lichtquellen ins Gewicht fällt. Für Sonnenlicht und elektrisches Bogenlicht ist das ZETTNOW'sche Filter vorzuziehen; leider besitzt es grosse Neigung, die Küvetten zu sprengen.

Das PikrinfILTER lässt sich auch in trockenem Zustande verwenden und ist seine Handhabung danu besonders bequem: Man fixirt eine nicht belichtete Bromsilber- oder Chlorsilbertrockenplatte aus und wäscht gründlich; badet man sie nunmehr in gesättigter wässriger Pikrinsäurelösung, so erhält man eine Gelbscheibe, welche sich zum Lichtfilter vortrefflich eignet.

Aehnlich wie das PikrinfILTER wirkt Lösung von Martiusgelb oder fünfprozentige Lösung von doppeltchromsaurem Kali.

Jedes Lichtfilter, welches Strahlen von engbegrenzter Wellenlänge hindurchlässt, ist zur Beseitigung der Fokusdifferenz verwendbar. Nur ist im Auge zu behalten, dass die benutzte Plattensorte für die ange-

¹⁾ Journal of the Royal Microscopical Society 1895 S. 145.

wendete Strahlenart hochgradige Empfindlichkeit besitzen muss und dass die Strahlen auch von dem Auge mit genügender Helligkeit empfunden werden.

Neben der Konzentration der Lösung und der Dicke der Flüssigkeitsschicht, welche die Strahlen zu passiren haben, schrieb man früher allgemein auch der Stellung der Küvette Einfluss zu auf die Menge der zur Resorption gelangenden Strahlen. MOITESSIER¹ sagt: „Die Stellung der Küvette im Beleuchtungsapparate ist von Wichtigkeit, denn sie gestattet innerhalb gewisser Grenzen die Wirkung der Absorptionsflüssigkeit auf die Strahlen der Lichtquelle abzustufen. Das Höchstmass der Absorption wird erreicht, wenn man die Küvette in die Bahn der Lichtstrahlen einschaltet, noch ehe sie auf die Sammellinse gelangen. Stellt man sie dagegen zwischen der Sammellinse und ihrem Brennpunkte auf, so ist die Absorption um so geringer, je näher sie sich dem Brennpunkte befindet, je kleiner also der von dem Lichtkegel durchsetzte Theil der Absorptionsflüssigkeit ist.“

Nicht wenige Mikrophotographen sind auch jetzt noch der Ansicht, dass obige Behauptung MOITESSIER's zutreffend ist.

Um das Irrige dieser Behauptung zu beweisen, stellte Verfasser folgenden Versuch an: Eine gelbe Scheibe wurde anstatt des Präparates auf den Objekttisch gelegt und mit Hilfe einer 10 cm im Durchmesser messenden Sammellinse durch eine Petroleumflamme derart erleuchtet, dass das Bild der Flamme im Innern der gelben Scheibe lag. Nunmehr wurde mit einem schwachen Objektiv-System (HARTNACK No. IV) auf das Innere der Scheibe, also auf das Flammenbildchen, scharf eingestellt und in gewöhnlicher Weise mit Hilfe eines Projektions-Okulars ein heller Lichtkreis auf der Visirscheibe entworfen, genau so, als ob sich ein Präparat auf dem Objekttisch befände. Hierauf wurde eine gewöhnliche (nicht orthochromatische) Bromsilber-Gelatine-Platte (von SACHS) so in die Kassette eingelegt, dass die dem Mikroskop zugekehrte, lichtempfindliche Schicht von einer Sensitometerplatte bedeckt war. Letztere ist hergestellt durch Bekleben einer Glasplatte mit 1 qcm grossen Rechtecken von Seidenpapier in verschieden starker Lage. Die in die Rechtecke eingetragenen Nummern 1 bis 30 zeigen die Zahl der Seidenpapierlagen in jedem Rechteck an. Die Dichtigkeit nimmt also mit steigender Nummer zu.

Die Belichtung währte genau 15 Minuten. Ohne das Geringste an der Einstellung zu ändern, wurde nunmehr die gelbe Scheibe vom Objekttisch entfernt und zwischen Lichtquelle und Kondensorlinse, in

¹⁾ A. a. O. S. 185.

unmittelbarer Nähe der letzteren, aufgestellt, dann die belichtete Trockenplatte durch eine unbelichtete von derselben Emulsion ersetzt und unter der Sensitometerplatte abermals 15 Minuten exponirt.

Bei der Entwickelung beider Platten, die gleichzeitig in derselben Schale vorgenommen wurde, zeigte sich, dass bei beiden Anordnungen des Versuches gleich viel Licht durch die gelbe Scheibe zurückgehalten war, obgleich der Lichtkegel in dem ersten Falle einen verschwindend kleinen Abschnitt der Scheibe, in dem zweiten dagegen eine kreisförmige Fläche von etwa 10 cm Durchmesser passirt hatte. Das Bild kam auf beiden Platten genau gleichzeitig mit derselben Kraft. In den fertig entwickelten Negativen konnten die Ziffern 1 bis 16 deutlich wahrgenommen werden. Ziffer 18 und 19 liess sich noch mit Mühe erkennen; bei 20 hatte die Sache auf beiden Platten ein Ende.

Nunmehr wurde die gelbe Scheibe durch eine 3 mm dicke Schicht einer gesättigten Pikrinsäure-Lösung ersetzt und der Versuch in beschriebener Weise wiederholt. Das Resultat war dasselbe wie mit der gelben Scheibe.

Hieraus geht also auf's Klarste hervor, dass es völlig gleichgültig ist, ob das Lichtfilter nahe der Sammellinse oder nahe dem Brennpunkte derselben steht. Nur die Länge des Weges, den jeder einzelne Lichtstrahl in dem absorbirenden Medium zurücklegt und nicht die absolute Menge der Absorptionsflüssigkeit oder des farbigen Glases, welche von dem Lichtkegel durchsetzt wird, beeinflusst die Menge des zur Absorption gelangenden Lichtes.

Die Art der Lichtquelle spielt bei der Fokusdifferenz eine wesentliche Rolle. Arbeitet man mit einem Licht, welches wie die Petroleum- oder Gasflamme, oder beinahe jede durch Glühen gewisser Körper erzeugte Lichtsorte, arm an blauen und violetten, dagegen reich an gelben und grünen Strahlen ist, so macht sich die dem Objektiv anhaftende Fokusdifferenz viel weniger störend bemerkbar, als wenn man das an violetten und ultravioletten Strahlen reiche Sonnenlicht benutzt, und zwar besonders dann, wenn die verwendeten Platten für die optisch wirksamen Strahlen hervorragend empfindlich sind.

Die Unvollkommenheit der Lichtfilter und die durch jede absorbirende Substanz verursachten erheblichen Lichtverluste liessen frühzeitig das Verlangen nach Objektiven wach werden, welche auch im weissen Lichte Fokusdifferenz nicht aufweisen. Nun ist zu bemerken, dass Objektive mit sehr kurzer Brennweite, also stark vergrössernde, der Regel nach verschwindend geringfügige Fokusdifferenz haben. Je grösser die Brennweite, um so weiter getrennt liegen optischer und chemischer Fokus.

WALES in Amerika und GUNDLACH in Berlin, später auch SEIBERT und KRAFFT in Wetzlar, suchten das bei photographischen Objektiven längst gelöste Problem der Vereinigung des optischen und chemischen Fokus für Mikroskop-Objektive zu lösen. Doch musste man sich in Folge der bereits angedeuteten Unmöglichkeit, mehr als zwei Strahlen auf die gleiche Brennweite zu bringen, darauf beschränken, die chromatische Differenz der sphärischen Abweichung so zu verbessern, dass die Systeme nicht für die optisch, sondern für die chemisch am meisten wirksamen Strahlen (Blauviolett) das beste Bild lieferten. Wenngleich diese Gläser wesentlich Besseres leisteten, als gewöhnliche Objektive, so konnten sie doch nicht voll befriedigen, da das sekundäre Spektrum unkorrigirt blieb. Wandel wurde in diesem Punkte erst durch die vereinten Bemühungen von ABBE, SCHOTT und ZEISS geschaffen. Bei den ZEISS'schen Apochromaten tritt aus den früher erörterten Gründen das beste chemische Bild in derselben Ebene wie das beste optische auf. Da nicht zwei, sondern je drei Farben in einem Punkte zur Vereinigung gelangen, so wird der Spielraum der Fokusdifferenzen für verschiedene Farben des Spektrums vom sichtbaren bis weit in den chemisch wirksamen Theil desselben hinein auf den siebenten bis zehnten Theil verringert, also praktisch völlig aufgehoben, und dies für jede Zone des Objektivs in gleicher Weise.

4. Die Vergrösserung

Die Vergrösserung auf der Visirscheibe ist abhängig von dem Vergrösserungsvermögen des Objektivs und Projektions-Okulars, der Tubus- und Kameralänge. Beim Arbeiten ohne Okular kommt die Okularvergrösserung und der Einfluss der Tubuslänge in Fortfall.

Von wesentlicher Bedeutung für die Güte des Bildes ist nur die Objektivvergrösserung; durch starkes Okular, lange Kamera oder gar nachträgliche Vergrösserung des Negativs wird das Bild lediglich in die Länge gezogen, ohne mehr Einzelheiten aufzuweisen. Heutzutage ist dies jedem verständigen Mikroskopiker so bekannt, dass es überflüssig erscheinen könnte, hierüber ein Wort zu verlieren. Es gab Zeiten, in denen dies anders war. Als die Mikrophotographie anfing, aus den ersten Kinderschuhen herauszutreten, begrüsste man dieselbe

als ein vortreffliches Mittel, die Leistungsfähigkeit der damals noch mangelhaften Mikroskope wesentlich zu erhöhen. Schien nunmehr doch der Vergrösserung kaum eine Schranke gesetzt zu sein! Das direkte Vergrössern mit Hilfe einer sehr langen Kamera war freilich eine missliche Sache, da die hierbei nothwendigen langen Expositionen bei den nassen Platten recht verdriesslich sein konnten. Doch bot die nachträgliche Vergrösserung der Negative eine Handhabe, die Linearvergrösserung ins Fabelhafte zu steigern. Schon POHL und WESELSKY¹ empfahlen die 10- bis 15fache Vergrösserung des Negativs. GERLACH² brachte Methode in die Sache. Er wies darauf hin, dass bei den mikroskopisch kleinen Glasphotogrammen, welche kaum ein Quadrat-millimeter gross dem unbewaffneten Auge als ein mehr oder weniger verwischener schwarzer Fleck erscheinen, bei 50- bis 100maliger Vergrösserung sich zu bestimmt und scharf gezeichneten Bildern auflösen. Hierdurch sei der Beweis geliefert, dass die feine Zeichnung des photographischen Bildes weit über das Auffassungsvermögen des unbewaffneten Auges hinausgehe.

Nun ist aber die Verkleinerung eines makroskopischen mit der Vergrösserung eines mikroskopischen Objektes ganz und gar nicht zu vergleichen. Arbeitet man bei mikrophotographischen Aufnahmen mit nicht allzu geringfügiger Balgenlänge, so vermag das unbewaffnete Auge im Negativ ausnahmslos alle Einzelheiten genau zu unterscheiden, die in demselben überhaupt vorhanden sind. Mitunter ist es allerdings nicht unvorteilhaft, eine 2- bis 3malige nachträgliche Vergrösserung des Negativs eintreten zu lassen, um besonders dem weitsichtigen Auge das Erkennen feiner Einzelheiten zu erleichtern. Stärkere Vergrösserungen sind jedoch zu verwerfen, da durch dieselben das Korn der Platte mit vergrössert und in Folge dessen ein unangenehmes, sandiges Aussehen des Bildes erzeugt wird. Die jetzt allgemein verwendeten Trockenplatten gestatten um so weniger erhebliche nachträgliche Vergrösserung, als ihr Korn viel gröber ist als bei den alten, nassen Kollodiumplatten.

Ueberdies gehen bei jeder Vergrösserung immer eine Reihe von Halbtönen verloren.

Wie kritiklos man bei der Steigerung der Vergrösserung ohne gleichzeitige Steigerung des Auflösungsvermögens der Objektive verfuhr, beweisen die 20,000fachen Vergrösserungen von Diatomeen

¹⁾ Bericht der Wiener Akademie 1857 S. 317.

²⁾ GERLACH, J., Ueber die Steigerung der Vergrösserung auf photographischem Wege: Monatsberichte d. kgl. Akademie d. Wissenschaften zu Berlin 1861, Juniheft S. 596.

(*Pleurosigma angulatum*), die vor Jahren in Amerika grosses Aufsehen machten und in vereinzelten Exemplaren auch nach Europa gelangten. Ein abschreckendes Beispiel von übermässiger Vergrösserung lieferte noch in neuerer Zeit CROOKSHANK in seinem Werke: *Photography of bacteria* (London 1887).

Man wähle nie stärkere — aber auch nie schwächere — Vergrösserungen, als das klare Erkennen aller Einzelheiten im Bilde unbedingt erheischt. Im Allgemeinen gilt Folgendes: Bei Diatomeen mit gröberer Zeichnung genügt in der Regel 50- bis 100fache Linearvergrösserung, bei solchen mit feinerer muss man jedoch viel weiter gehen. Beispielsweise werden die ungemein zarten Einzelheiten von *Amphipleura pellucida* erst bei mindestens 1000facher Linearvergrösserung dem Auge deutlich sichtbar. Histologische Präparate erfordern nur in den seltensten Fällen mehr als 200 linear. Bei Aufnahmen von Bakterien und Kokken ist es zweckmässig, sich an eine bestimmte Vergrösserung zu halten, um die verschiedenen Organismen in Bezug auf ihre Grösse mit einander vergleichen zu können. R. KOCH, der zuerst brauchbare Mikrophotogramme von Bakterien herstellte, wählte 700 als Normalvergrösserung, denn dies war bei den damaligen besten Wasser-Immersionen die äusserste nutzbare Grenze. Seit Einführung der Oel-Immersionen kann man wesentlich weiter gehen; es empfiehlt sich, Bakterienaufnahmen in tausendfacher Linearvergrösserung zu fertigen. Eine Ausnahme hiervon bilden nur Schnittpräparate, bei denen es weniger darauf ankommt, die Form der Mikroorganismen, als ihre Lagerung im Gewebe zu veranschaulichen. Schon um im Photogramm einen grösseren Abschnitt des Gewebes überblicken zu können, geht man hierbei über 500fache Linearvergrösserung nicht gern hinaus.

Für ganz schwache Vergrösserungen bedarf man keines mikroskopischen Objektivs, da hierzu die gewöhnlichen Landschaftslinsen, besonders die Aplanate, ausreichen. Dieselben sind schon ihres grösseren Gesichtsfeldes wegen vorzuziehen. GERLACH¹⁾ bediente sich für 2- bis 10malige Vergrösserung eines kleinen Objektivs von BUSCH mit 11 cm Brennweite. FRITSCH empfiehlt die kleinen Aplanate von STEINHEIL. Bei diesen Objektiven wird das Bild ohne Konkavlinse oder Okular direkt auf der Visirscheibe entworfen.

ZEISS fertigt für schwache Linearvergrösserung nach dem Typus der Apochromate zwei besondere mikroskopische Objektive von 35 und 70 mm Brennweite, welche ebenfalls direkt, ohne Projektions-Okular verwendet

¹⁾ GERLACH, Die Photographie als Hilfsmittel mikroskopischer Forschung S. 36.

werden. Wegen des grossen Bildabstandes bedarf es besonderer Vorkehrungen, um das Objektiv von 70 mm Brennweite am Mikroskopstativ anzubringen. ZEISS richtet daher sein grosses Stativ für Mikrophotographie (s. Figur 15) derart ein, dass sich das untere Ende des Tubus, welches für gewöhnlich die Objektive aufnimmt, abschrauben lässt, wodurch die Tubushülse sich mit ihrem vollen Durchmesser nach dem Objekt hin öffnet. Sodann wird der Tubusauszug ebenfalls abgeschraubt und an seiner Stelle das Objektivsystem befestigt.

Vorzüglich brauchbar sind fernerhin bis zu etwa 100facher Linearvergrösserung die Nummern 1-5 (No. 1 = 20 mm Brw. No. 2 = 35 mm Brw. No. 3 = 50 mm Brw. No. 4 = 75 mm Brw. No. 5 = 100 mm Brw.) der von ZEISS konstruierten Planare. Die mit ihnen aufgenommenen Bilder übertreffen in Bezug auf Schärfe und Ebenheit des Bildfeldes (bis 30° Winkel ausdehnung!) bei Weitem Alles, was wir auf diesem Gebiete je sahen.

Recht geeignet für schwache Vergrösserung sind auch das Projektionssystem (30 mm Brw.) von HARTNACK, die Projektionsobjektive (24 mm Brw. 42 mm Brw. 64 mm Brw. 80 mm Brw.) von LEITZ und die schwächsten Nummern der Fluorit-Systeme von WINKEL.

Für mittelstarke Vergrösserung eignet sich jedes gute Mikroskopobjektiv. Die Ueberlegenheit der Apochromate macht sich zwar auch hier geltend; doch sind dieselben nicht so unbedingt nothwendig, wie bei Aufnahmen mit stärksten Systemen.

Handelt es sich um Aufnahmen mit Oel-Immersion, so stehen die Apochromate in ihrer Leistungsfähigkeit weit über den Immersionen gewöhnlicher Art.

Berechnung der Vergrösserung. Um die Vergrösserung eines durch irgend eine Methode auf der Visirscheibe entworfenen Bildes zu bestimmen, verfährt man folgendermassen: Ohne an der Aufstellung des mikrophotographischen Apparates etwas zu ändern, vertauscht man das aufzunehmende Präparat mit einem Objektträger, auf dem ein Maßstab mit bekannter, sehr feiner Theilung angebracht ist¹. Beträgt die Entfernung der einzelnen Theilstriche von einander beispielsweise in Wirklichkeit 0,01 mm, auf der Visirscheibe dagegen 1 mm, so ist die unter den obwaltenden Verhältnissen eingetretene Linearvergrösserung hundertfach.

Kommt es darauf an, mit bestimmter, z. B. 500facher Linearvergrösserung zu arbeiten, so hat man die Kamera so weit zu verlängern, bis der Abstand der Theilstriche auf der Visirscheibe 5 mm beträgt.

¹⁾ ZEISS liefert Objektmikrometer mit Theilung in 0,01 mm.

Alle Momente, die zum Erreichen einer gewissen Vergrösserung beitragen, wie Nummer des verwendeten Objektivs und Okulars, Länge des Tubus, des Okulars und der Kamera notire man genau, um jederzeit die gleiche Vergrösserung ohne besondere Vorversuche wieder herstellen zu können. Es ist zweckmässig, über die erhaltenen Werthe eine Tabelle nach folgendem Muster anzulegen:

Objektiv No. X; Proj.-Okul. No. II, Theilstrich 7; Tubuslänge 160 mm, Abstand der Visirscheibe vom Objekt 70 cm. Vergr. 200 linear.

Objektiv No. Z; ohne Okular; Kameralänge 50 cm; Vergr. 50 linear u. s. w.

Zwei Systeme derselben Nummer, aus derselben optischen Werkstatt liefern fast niemals dieselbe Vergrösserung; es sind daher für jedes System Messungen vorzunehmen.

Die im Negativ erhaltene Vergrösserung kann man auch dadurch berechnen, dass man das Bild mit dem Centimetermasse unter Zuhilfenahme des Zirkels ausmisst und darauf die wahre Grösse des Objektes mit dem Okularmikrometer bestimmt. Dividirt man die Bildlänge durch die Objektlänge, so giebt der erhaltene Quotient die Linearvergrösserung an. Ist beispielsweise die Bildlänge 100 mm, die Objektlänge 0,5 mm, so hat das Bild 200fache Linearvergrösserung.

Wenn ein beliebiges Linsensystem mit Brennweite von x mm ein Bild entwirft, welches d mm vom hinteren Brennpunkte des Linsensystems entfernt liegt, so ist die lineare Vergrösserung dieses Bildes $= \frac{d}{x}$. Hier-

nach würde z. B. ein Objektiv von 4 mm Brennweite, wenn man es für sich allein zur direkten Projektion des Bildes benutzte, der Reihe nach die Vergrösserungen 10, 100 und 1000 liefern, je nachdem die das Bild auffangende Fläche 40 mm, 400 mm oder 4000 mm vom hinteren Brennpunkte des Objektivs entfernt wäre. Da der hintere Brennpunkt sehr nahe der letzten Linsenfläche des Objektes gelegen ist, so dürfen die Bildabstände in diesem Falle von der hintersten Linsenfläche aus gemessen werden.

Wird das Objektiv mit einem Projektions-Okular verbunden, so führt letzteres zweierlei Veränderungen herbei. Erstens bewirkt das Hinzutreten des Okularsystems, dass der hintere Brennpunkt des nunmehr wirksamen Gesamtsystems nicht mehr direkt am Objektiv verbleibt, sondern in die Nähe der letzten Okularlinse rückt, und zwar fast genau in die Oeffnung des Okulardeckels über der Projektionslinse. Für die Bestimmung der Bildvergrösserung ist der Abstand der Bildebene nunmehr vom Okulardeckel ab zu messen. Zweitens wird

durch das Hinzutreten des Okulars das System verwandelt in ein Gesamtsystem, dessen Aequivalent-Brennweite ein gewisser Bruchtheil von der Objektiv-Brennweite ist. Aus einem Objektiv von x mm Brennweite entsteht ein Gesamtsystem von $\frac{x}{v}$ mm Brennweite, wenn v die betreffende Ziffer der Okularwirkung bedeutet. Diese Ziffer ist in der Reihe der Projektions-Okulare von ZEISS durch die Bezeichnung eines jeden Okulars selbst unmittelbar gegeben. Es giebt also das Projektions-Okular II in Verbindung mit einem Objektiv von 4 mm Brennweite ein Gesamtsystem von der Brennweite $\frac{1}{2} \times 4$ mm = 2 mm. Daher entwirft bei gleichen Abständen der Platte ein Objektiv von 4 mm Brennweite mit dem Projektions-Okular II ebenso grosse Bilder, wie ein Objektiv von 2 mm ohne Okular.

Bei Anwendung der mit genauer Angabe über Brennweite versehenen Apochromate und Projektions-Okulare von ZEISS erhält man die Vergrösserung des Bildes, indem man den in Millimetern ausgedrückten Bildabstand (vom Deckel des Projektions-Okulars aus gerechnet) durch die Brennweite (Benennung) des Objektivs dividirt und die erhaltene Zahl mit der Nummer des verwendeten Projektions-Okulars multiplicirt¹. Man kommt demnach zu einer 300fachen Linearvergrösserung, wenn man ein Bild mit dem Apochromat von 4 mm Brennweite und dem Projektions-Okular No. II auf eine Entfernung von 600 mm entwirft, denn: $\frac{600}{4} \times 2 = 300$.

Kommt es auf genaueste Feststellung der Vergrösserung an, so giebt die auf Seite 77 beschriebene Methode (Vergleich mit dem Bilde eines Objektmikrometers auf der Visirscheibe) die zuverlässigsten Resultate. Einerseits sind die meisten Optiker ziemlich leichtfertig in den Angaben über die Brennweiten ihrer Objektive, andererseits haben die geringsten, oft kaum zu vermeidenden Abweichungen der thatsächlichen Brennweite von der für das Objektiv berechneten wesentliche Unterschiede in der Vergrösserung zur Folge.

Für manche Zwecke ist es wünschenswerth, einen Masstab mit bekannter Theilung gleichzeitig mit dem aufzunehmenden Objekte zu photographiren. Auf Veranlassung von PLAGGE² fertigte daher ZEISS ein Projektions-Okular mit Mikrometer. Um hier zuverlässige Resultate

¹⁾ ZEISS, Katalog über Apochromate. Jena 1886, S. 12. — ZEISS, Special-Katalog 1888 S. 36.

²⁾ Dr. PLAGGE, Ein neues Projektions-Okular mit Mikrometer für photographische Zwecke: Veröffentlichungen aus dem Gebiete des Militär-Sanitätswesens Heft 12.

zu erzielen, ist genaueste Innehaltung der vorgeschriebenen Tubuslänge nothwendig. Zu jedem Objektiv gehört ein besonderes mit feinster Theilung versehenes Messplättchen, welches in das Projektions-Okular (unmittelbar über der im Rohre befindlichen Blende) von der Seite aus eingeschoben wird. Die Vorrichtung gestattet, auf der matten Scheibe oder im fertigen Bilde die Vergrösserung mit dem Zirkel einfach abzugreifen. Da das Messplättchen im Okular verschiebbar ist, so kann man die Theilung an jede beliebige Stelle, z. B. an den Rand der Platte, bringen.

Durchmesser des Bildes auf der Platte. In Folge der unvermeidlichen Wölbung des Gesichtsfeldes sind nur die mittleren Theile des Negatives scharf gezeichnet. Da nun die unscharfen Randzonen einen ungünstigen Eindruck machen, so thut man gut, den Bildkreis nicht wesentlich grösser, als die scharfe Zone ist, zu wählen.

Bei Anwendung der Projektions-Okulare von ZEISS hängt bei gegebenem Bildabstande der Durchmesser des Bildes auf der Platte ab von dem Durchmesser der innerhalb des Okularen befindlichen Blende. Durch Einsetzen kleinerer oder grösserer Blenden oder durch Benutzung der daselbst angebrachten Irisblende lässt sich also die Grösse des Bildkreises verändern. Die auf der oberen Linse des Projektions-Okulars als Okulardeckel angebrachte Blendung hat keinen Einfluss auf den Durchmesser des Bildes, wohl aber auf den Oeffnungswinkel des Systems.

Jede beliebige Einengung des Bildfeldes lässt sich leicht erreichen durch Anbringen einer Blechtafel mit kreisrunder Oeffnung unmittelbar vor der Kassette. ZEISS giebt seinem Apparat eine ausreichende Anzahl dieser Tafeln nebst dem zu ihrer Befestigung nöthigen Holzrahmen bei.

Natürlich kann man auch auf dem fertig entwickelten Negativ durch mechanisches Entfernen der Randzone den Durchmesser des Bildes verkleinen. Zu diesem Zwecke legt man ein kreisrundes Beschneideglas auf die Mitte des vollkommen getrockneten Bildes, umzieht dasselbe mit einem scharfen Instrument und schabt die von dem Glase nicht bedeckten Stellen der Bildschicht nach gelindem Anfeuchten mit einem Messer ab. Auch kann man mit dem Zirkel auf dem Negativ einen Kreis von beliebiger Grösse schlagen. Hierbei wird, um die Mitte des Bildes nicht zu verletzen, die Zirkelspitze aufgesetzt auf einer schmalen, quer über das ganze Negativ reichenden, kräftig gegen das Glas gedrückten Holzleiste. Die ausserhalb des Kreises gelegene Bildschicht ist vorsichtig zu entfernen.

Dritter Abschnitt

Die Lichtquelle

1. Allgemeines

Ein Licht erweist sich für die Mikrophotographie als um so werthvoller, je reicher dasselbe an kurzwelligen (blauen und violetten) Strahlen ist. Objektive von bestimmter num. Apertur vermögen nämlich um so feinere Streifensysteme aufzulösen, je kürzer die Wellenlänge des zur Beleuchtung verwendeten Lichtes ist. Der kleinste durch ein bestimmtes Objektiv zu lösende Streifenabstand (e) ergiebt sich als Quotient der Wellenlänge (λ) durch die num. Apertur (a)¹:

$$e = \frac{\lambda}{a}$$

daraus folgt: $\lambda = a \cdot e$.

Folgende Tabelle zeigt, ausgedrückt in Milliontel Millimetern, die Wellenlänge für die verschiedenen FRAUNHOFER'schen Linien:

Roth. <i>A.</i> 768.	Grün. <i>E.</i> 527.
<i>B.</i> 687.	<i>F.</i> 486.
<i>C.</i> 656.	Blau. <i>G.</i> 431.
Gelb. <i>D.</i> 589.	Violett. <i>H.</i> 397.

Arbeitet man nun z. B. mit einem Objektiv von 1,0 num. Apertur, so wird man bei centraler Beleuchtung unter Anwendung von rothem Licht mit Wellenlänge 760 ein Streifensystem auflösen können, bei dem die Streifen einen gegenseitigen Abstand von $\frac{0,000760}{1} = 0,00076$ mm

¹⁾ Dies gilt nur für centrale Beleuchtung; für möglichst schiefe Beleuchtung ergiebt sich der kleinste Streifenabstand als Quotient der halben Wellenlänge durch die num. Apertur: DIPPEL, Grundzüge der allgemeinen Mikroskopie S. 158.

haben. Bei blauem Licht mit Wellenlänge 430 kommt dagegen unter sonst gleichen Verhältnissen ein Streifensystem zur Auflösung mit einem Streifenabstand von nur 0,00043 mm. Man kann demnach lediglich durch passende Auswahl des zur Beleuchtung verwendeten Lichtes die Leistungsfähigkeit eines Objektivs beinahe um das Doppelte steigern¹.

In der Photographie sind die Verhältnisse besonders durch den Umstand eigenartige, dass die lichtempfindliche Platte auch ultraviolette, dem Auge unsichtbare Strahlen zu sehen vermag. Mit Hilfe der Photographie wird man daher Streifensysteme zur Lösung bringen können, die sonst nur durch Objektive von höherer num. Apertur zu lösen wären.

Bei glühenden Körpern ist der Reichthum an kurzweligen Strahlen von der Hitze abhängig; dieselben entsenden erst bei einem Hitzegrad von 1500° C. hellblaue, von 2000° C. violette Strahlen.

Ausser von dem Reichthum an kurzweligen Strahlen hängt der Werth eines Lichtes ab von der Intensität und der gleichmässigen Helligkeit. Weniger Gewicht ist dagegen der Grösse des Lichtpunktes

¹⁾ Aus Obigem erhellt, dass der sehr verbreitete Brauch, die Leistungsfähigkeit eines Systems zu bemessen nach der Möglichkeit, die Streifung einer bestimmten Kieselschale damit aufzulösen, nur dann zuverlässige Anhaltspunkte zur Vergleichung ergiebt, wenn man sich zuvor genau verständigt über die Art der Beleuchtung (ob centrale oder schiefe) und über die Farbe (Wellenlänge) des verwendeten Lichts. Ueberdies ist nicht ausser Acht zu lassen, dass bei derselben Diatomeen-Art die Streifenabstände nicht unwesentlichen Schwankungen unterliegen. Zu vergleichenden Beobachtungen könnte man die Wellenlänge des hellen Grüns, zwischen den FRAUNHOFER'schen Linien *D* und *E* ($\lambda = 550$) wählen, welche gleichzeitig diejenige des weissen Tageslichts ist.

Die Erörterungen über den Einfluss der Wellenlänge werfen einiges Licht auf die so sehr abweichenden Angaben der verschiedenen Autoren über das für mikroskopische Zwecke am meisten geeignete Licht. Die Widersprüche erklären sich dadurch, dass für verschiedenartige Objekte auch verschiedenartiges Licht erforderlich ist. Der Histologe, welcher mit der Auflösung feinster Streifenabstände nichts zu thun hat, wird mit einem an grünen und gelben Strahlen reichen, für das Auge sehr wirksamen Lichte vortreffliche Resultate erzielen, während der Diatomeen-Forscher mit dem blauen Lichte des unbewölkten Himmels auf jeden Fall weiter kommt. Ein an kurzweligen Strahlen armes Licht durch Vorsetzen blauer Lichtfilter blau zu machen, ist eine missliche Sache, da hierdurch wohl die gelben und rothen Strahlen ausgeschieden, die nur spärlich vorhandenen blauen jedoch nicht vermehrt werden.

Das Licht weisser Wolken ist einerseits hell genug, um auch von dunklen Objekten hinreichend kräftige Eindrücke auf der Netzhaut zu erzeugen, andererseits ist die Wellenlänge desselben eine für die meisten Zwecke genügend kurze. Dasselbe wurde daher am häufigsten als das 'beste' Licht angespriesen.

oder der leuchtenden Fläche beizulegen, da man dieselbe durch geeignete, zwischen Lichtquelle und Objekt angebrachte Linsen und Blenden jederzeit reguliren kann. In der Mehrzahl der Fälle lässt sich von einer grossen leuchtenden Fläche doch nur ein verhältnismäsig kleiner Abschnitt für die Beleuchtung des Objekts ausnutzen¹.

Von der Intensität des Lichtes ist die Länge der Belichtungszeit abhängig. Da nun bei möglichst kurzen Expositionen die Aussichten auf Gelingen des Bildes die grössten sind, so giebt man intensiv hellem Lichte unter allen Umständen den Vorzug. Eine andere Frage ist, ob, wie von verschiedenen Seiten behauptet wird, mit sehr intensivem Licht feinere Struktureinzelheiten abgebildet werden können, als mit einem weniger intensiven.

Bei der Okularbeobachtung sieht man, auch wenn man mit Licht von derselben Wellenlänge beleuchtet, unter Anwendung hellen Lichtes zweifellos mehr, als bei matter Beleuchtung; denn die Netzhaut nimmt nur Gegenstände wahr, deren Helligkeit nicht unter eine gewisse Grenze sinkt. Bei der photographischen Platte ist dies anders, da hier die Addition der Lichteindrücke eine wesentliche Rolle spielt. Ein schwach beleuchteter Körper, der bei kurzer Exposition auf der Platte nicht den mindesten Eindruck hinterlässt, bildet sich nicht weniger deutlich wie ein hell beleuchteter ab, wofern man nur die Exposition hinreichend verlängert. So sehen wir, dass der Photograph durch tagelange Belichtung einer Platte prachtvoll durchgezeichnete Photogramme von Mosaiken, Deckengemälden und dergl. in dunklen Kirchen und Kapellen fertigt, wo das Auge des Beobachters nur mit Mühe schwache Umrisse wahrzunehmen vermag².

Nichts berechtigt jedoch zu der Annahme, dass die Intensität einen ähnlichen Einfluss wie die Wellenlänge auf das Abbildungsvermögen der Objektive ausübt. Die Erfahrung widerspricht diesem Satze nur scheinbar. Allerdings hat jeder Mikrograph Gelegenheit zu bemerken, dass bei Anwendung von intensivstem Sonnenlichte die feinste Zeichnung auf den Kieselchen der Diatomeen plötzlich herauspringt, während man sich bei zerstreutem Tageslicht oder gar bei der Lampe vergeblich bemühte, dieselbe sichtbar zu machen. Doch hat dies seinen Grund nicht in der Intensität des Sonnenlichtes, sondern in der reichlich vorhandenen Menge kurzwelliger Strahlen, die bei Lampenlicht so gut wie nicht, bei zerstreutem Tageslichte nur in so geringer

¹⁾ Näheres hierüber in Abschnitt IV.

²⁾ Etwas ganz Entsprechendes findet bei Sternaufnahmen statt, wo auf einer mehrere Stunden lang belichteten Platte weit mehr Sterne sichtbar werden, als das Auge sieht.

Menge anwesend sind, dass ihr Einfluss sich nicht genügend geltend macht.

Die zur Mikrophotographie verwendete Lichtquelle muss fernerhin ein gleichmäßig helles Licht ausstrahlen: Es sollen einerseits die einzelnen Abschnitte der Flamme oder des glühenden Körpers wesentliche Helligkeitsunterschiede nicht aufweisen; andererseits darf die zu verschiedenen Zeiten von der Lichtquelle gelieferte Lichtmenge Schwankungen nicht unterworfen sein.

Da man, wie wir im folgenden Abschnitte sehen werden, bei der Beleuchtung in der Regel das Bild der Lichtquelle in das aufzunehmende Objekt verlegt, so würden Ungleichheiten in der Helligkeit der leuchtenden Fläche auch verschieden intensive Beleuchtung der einzelnen Abschnitte der Platte zur Folge haben. Ist das Licht bald mehr, bald minder hell, so schwindet jede Sicherheit in der Beurtheilung der zum guten Durcharbeiten einer Platte nothwendigen Belichtungszeit.

An der Hand dieser Vorbemerkungen wollen wir versuchen, den Werth der verschiedenen Lichtquellen zu prüfen.

2. Sonnenlicht

Das Sonnenlicht ist reich an Strahlen jeglicher Wellenlänge, vom Infra-Roth bis tief in die ultraviolette Region des Spektrums hinein. Man kann daher unter Anwendung geeigneter Lichtfilter Strahlen von beliebiger Wellenlänge wirken lassen.

Bei histologischen und bakteriologischen Arbeiten stellt man mit den durch Einschalten des ZETTNOW'schen Kupferchrom-Filters¹ erzeugten gelbgrünen Strahlen ($\lambda = 580-540$) vortrefflich scharfe Bilder her; zum Zwecke der Auflösung von Diatomeen ist dagegen den blauen und violetten Filtern der Vorzug zu geben, wofern man nicht, wie bisher scheinbar noch niemals versucht wurde, einzig mit den reichlich vorhandenen ultravioletten Strahlen sein Heil versuchen will.

Die Möglichkeit, nur mit ultravioletten Strahlen zu arbeiten, wird gegeben durch den Umstand, dass eine mit Jod-Tinktur gefüllte Küvette

¹) S. Abschnitt II S. 70.

nur ultraviolettes Licht hindurchlässt. Die Einstellung des Bildes auf der Visirscheibe müsste selbstverständlich mit einem für das Auge wahrnehmbaren Lichte geschehen; die hierbei auftretende, wohl durch kein apochromatisches System zu beseitigende Fokusdifferenz wäre durch Veränderung der Einstellung unschädlich zu machen¹. Gewiss könnten hierdurch die Grenzen des Naturerkennens um ein wesentliches Stück vorgeschoben werden. Mögen die Mikrophotographen endlich etwas mehr derartigen Aufgaben und etwas weniger dem Erfinden neuer Apparate ihre Kräfte widmen!

Die Intensität des Sonnenlichtes ist so gross, dass selbst bei Beleuchtung mit nur schmalen Abschnitten des Spektrums und bei Anwendung stärkster Vergrösserungen eine Belichtung von Bruchtheilen der Sekunde oder höchstens von einigen Sekunden ausreicht. Wegen der starken Wärmeentwickelung hat man besondere Vorsichtsmaßregeln zu treffen, um Erhitzung des Präparates und der Linsen zu vermeiden. Da die Flint-Kronglas-Kombinationen mit Kanadabalsam zusammengekittet sind, so würde das Objektiv durch Erwärmung unbrauchbar werden, indem der verbindende Balsam sich löst.

Zur Absorption der Wärmestrahlen empfiehlt sich Einschaltung von Flüssigkeits-Küvetten. Arbeitet man mit Lichtfiltern, die aus wässerigen Lösungen irgendwelcher Substanzen bestehen, so ist eine besondere Kuvette für Absorption der Wärmestrahlen meist nicht nöthig. Wird jedoch Licht von bestimmter Farbe lediglich durch Verwendung farbiger Gläser oder durch Prismen hergestellt, so müssen die Wärmestrahlen durch eine 5 cm dicke, mit Wasser gefüllte Kuvette abgefangen werden. Die früher in hohen Ehren stehende Alaunlösung erwies sich für diese Zwecke als werthlos. Weit besser als durch gewöhnliches Wasser werden die Wärmestrahlen abgefangen durch gelbe Farbstoff-Lösungen (Pikrinsäure; Martiusgelb). Bei besonders empfindlichen Präparaten empfiehlt es sich, zur Absorption der Wärmestrahlen noch einen Glastrog hinzuzunehmen, welcher mit fünfprozentiger, etwas angesäuerter Eisenchlorürlösung gefüllt ist².

Nach den Untersuchungen von ZOTH³ ist es mitunter von Wichtigkeit, ausser der Kuvette zur Absorption der Wärmestrahlen noch eine zweite von kaltem Wasser durchflossene Kuvette zur direkten Kühlung des Präparates unmittelbar unter dem Objektträger anzubringen. Dann

¹⁾ S. Abschnitt II S. 64.

²⁾ ZEISS, Special-Katalog No. 3, 1898, S. 19.

³⁾ Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie Bd. X, 1893, S. 152.

tritt nennenswerthe Erwärmung des Präparates überhaupt nicht ein. Wegen der Dicke dieser Kühlvorrichtung (6 mm) sind die gewöhnlichen ABBE'schen Kondensoren hierbei nicht verwendbar. ZEISS konstruirte jedoch für den ZOTH'schen Kühler einen besonderen centrirbaren, achromatischen Kondensor (1,0 numerischer Apertur) mit hinreichend grossem Fokalabstand.

Mit der gleichmässigen Helligkeit des Sonnenlichtes ist es leider schlecht bestellt. Zwar weist das in die Objektebene projicirte Sonnenbildchen in seinen verschiedenen Theilen, abgesehen von der äussersten Randzone, verschiedene Helligkeit nicht auf — etwa vorhandene Sonnenflecke stören in Folge ihrer verschwindenden Kleinheit nicht —, doch kann man mit Fug und Recht behaupten, dass die Helligkeit nicht in zwei aufeinander folgenden Sekunden genau die gleiche ist. Aus diesem Grunde lassen sich für die zu bestimmten Vergrösserungen nothwendigen Belichtungszeiten bestimmte Angaben nicht machen. Der Photograph tappt stets im Dunkeln und wird erst durch grosse Uebung einige Sicherheit in der richtigen Exposition sich aneignen. So lange die Sonne tief am Horizonte steht, kommen in Folge des reichlichen Wassergehaltes der Luft und des langen Weges, den die Strahlen durch die Atmosphäre zurückzulegen haben, die meisten kurzwelligen Strahlen zur Resorption. Bei höher steigender Sonne nimmt die Kraft des Lichtes schnell zu und erreicht in den Mittagsstunden, besonders in den Monaten Mai, Juni, Juli ganz ausserordentliche Höhe. In der Zeit von 11 Uhr Vorm. bis 1 Uhr Nachm. würde die Helligkeit beinahe gleichmässig sein, wenn nicht atmosphärische Einflüsse unausgesetzten Wechsel herbeiführten. Die dünnteste vor der Sonne vorbeiziehende Wolke, vor Allem aber der in der Grossstadt niemals fehlende, von Stunde zu Stunde sich mehrende Rauch üben auf die Helligkeit den nachtheiligsten Einfluss aus.

Da es zu umständlich ist, den ganzen mikrophotographischen Apparat wie ein Fernrohr auf die Sonne zu richten, so greift man zum Spiegel, um das Licht auf das Objekt zu leiten. Derselbe wird auf dem Fensterbrett oder auf einem festen Untersatz genau in Höhe der optischen Achse der Kamera angebracht. Die Prüfung der Aufstellung erfolgt am einfachsten dadurch, dass man das vom Spiegel ausgehende Licht in die optische Achse des noch nicht mit Linsen ausgestatteten Mikroskopes leitet. Dann muss genau in Mitte der Visirscheibe ein heller Lichtfleck erscheinen, so gross wie die Oeffnung des Tubus.

In Folge der scheinbaren Bewegung der Sonne würde jedoch das Gesichtsfeld schon nach wenigen Minuten verdunkelt sein; der Spiegel

hat demnach dem scheinbaren Wege des Himmelsgestirns zu folgen. Am besten wird dieser Zweck erreicht durch Heliostaten¹, bei denen ein Uhrwerk den Einfluss der Erdrotation aufhebt.

ZEISS² empfiehlt, den mikrophotographischen Apparat derart aufzustellen, dass seine optische Achse mit dem vom Heliostaten wagenrecht in das Zimmer geleiteten Strahlenbündel einen rechten Winkel bildet. Man muss dann, um die Beleuchtung des Objektes herbeizuführen, noch einen Spiegel auf dem das Mikroskop-Stativ tragenden Tisch anbringen, welcher die vom Heliostaten ausgehenden Strahlen auffängt und in die optische Achse des Apparates leitet. Die Einschaltung dieses Spiegels hat gegenüber der direkten Beleuchtung durch den Heliostaten den Vortheil, dass die kleinen Fehler, welche im Gange des Heliostaten selbst bei bester Aufstellung desselben vorkommen, sich während der mikroskopischen Beobachtung vom Apparate aus leicht ausgleichen lassen.

Da es nicht Jedermann's Sache ist, für mikrophotographische Arbeiten einen Heliostaten anzuschaffen, so muss man Vorkehrungen treffen, um auch ohne einen solchen auszukommen. Hierzu verwendet man am besten einen nicht zu kleinen, guten Spiegel, der sich auf einem Gestell leicht nach allen Seiten hin drehen lässt. Nun wird zwischen Spiegel und Objekttisch, letzterem parallel und in einer Entfernung von etwa 20 cm von demselben, ein mit Fünfmarkstück grosser Oeffnung verschener weisser Pappschirm aufgestellt. Ein Theil des Lichtes fällt durch diese Oeffnung auf das Präparat, ein anderer wird von dem Schirm aufgefangen und erzeugt auf diesem einen an Grösse und Gestalt dem verwendeten Spiegel ähnlichen hellen Lichtfleck. Die Umrisse dieses Lichtfleckes umzieht man mit einem Tintenstrich. Während des Einstellens und der mikrophotographischen Aufnahme richtet ein Gehilfe den Spiegel derart, dass der Lichtfleck stets innerhalb des Tintenstriches verbleibt. Befestigt man, wie der Astronom sein Fernrohr, den Spiegel auf einem parallaktischen Stativ, so lässt sich mit Hilfe von Schnüren die Richtung des Spiegels ohne Schwierigkeit von jedem Punkte des Aufnahmaraumes aus bewerkstelligen.

Was die Art der verwendeten Spiegel anbetrifft, so verwerfen viele Autoren die gewöhnlichen, auf der Unterseite amalgamirten Glasspiegel, weil dieselben ausser dem Hauptbilde ein lichtschwächeres Nebenbild erzeugen, welches durch Brechung der Strahlen an der

¹⁾ HARTNACK in Potsdam und FUESS in Steglitz bei Berlin liefern vor treffliche Heliostaten zum Preise von 180-280 Mark.

²⁾ ZEISS, Special-Katalog 1888 S. 9.

vorderen Glasseite zu Stande kommt. Doch ist die Schädlichkeit dieses Nebenbildes wegen seiner Lichtschwäche viel geringer, als die Meisten annehmen. Die Vorderfläche des Glases zu versilbern und dadurch das Nebenbild unmöglich zu machen, hat auch seine Schattenseiten, weil der Silberüberzug leicht verletzt und abgeputzt wird. Will man, um diese Fehler zu vermeiden, das Glas durch hochpolirte Metallspiegel ersetzen, so kommen hierbei nur Silberplatten oder stark versilberte Kupferplatten in Frage, da die anderen Metalle und Legierungen grünliches, gelbliches oder röthliches Licht geben.

Vor fünf Jahrzehnten, als die verhältnismässig unempfindlichen Platten sehr kräftiges Licht erheischten, wurde direktes Sonnenlicht fast ausschliesslich zu mikrophotographischen Arbeiten verwendet. Bald jedoch kam dasselbe in Misskredit, einerseits wegen der im Vorhergehenden namhaft gemachten Mängel, andererseits aus dem Grunde, weil alle mit demselben gefertigten Photogramme starke Diffraktionsräume aufwiesen. Letzteres hat, wie wir im folgenden Abschnitte sehen werden, seinen Grund in dem geringen Oeffnungswinkel ($1/2^{\circ}$), mit dem die Strahlen auf das Präparat fallen. Da wir heutigen Tages im Stande sind, diesen Fehler zu beseitigen, so spricht derselbe nicht mehr gegen die Verwendbarkeit des direkten Sonnenlichtes. Ganz anders steht es mit den in unseren Breiten vorhandenen meteorologischen Verhältnissen. Abgesehen davon, dass in den Wintermonaten der tiefe Stand der Sonne die Vortheile des direkten Sonnenlichtes wesentlich mindert, können wir nur im Hochsommer, und auch dann nicht immer, auf stundenlange Verfügbarkeit des Sonnenlichtes rechnen. Nichts ist verdriesslicher, als wenn man im Schweiße seines Angesichtes Alles mit grösster Sorgfalt für die Aufnahme vorbereitet hat und dann erleben muss, dass im Momente der Exposition sich Wolken vorlegen, die vielleicht auf Tage nicht wieder weichen. Es sind daher gegenwärtig fast alle Mikrophotographen darin einig, dass direktes Sonnenlicht eine schöne Sache ist, wenn man dasselbe hat, dass es jedoch unbedingt nötig nur dann wird, wenn man Photogramme der am schwierigsten zu lösenden Diatomeen (z. B. von *Amphipleura pellucida*) fertigen will. Bei allen übrigen Präparaten kommt man mit künstlichem Licht vollkommen aus. Wenn in neuerer Zeit ein Autor wiederum für alle irgendwie stärkeren Vergrösserungen alleinige Verwendung des Sonnenlichtes fordert, so heisst das, den Mikrophotographen auf sechs Monate zur Unthätigkeit verdammen und ihm für die übrigen sechs Monate das Arbeiten gründlich verleidet.

Nicht entfernt die Bedeutung wie direktes Sonnenlicht hat für den Mikrophotographen das Licht des wolkenlosen, blauen Himmels, oder

das von weissen Wolken und von einer hellen Wand reflektirte Licht. Die Wirksamkeit desselben ist so geringfügig, dass es sich nur für schwache Vergrösserungen verwenden lässt, bei denen man mit künstlichem Licht ebenso weit kommt. Das zerstreute Tageslicht wurde schon in frühen Perioden von verschiedenen Mikrophotographen verwendet. REICHARDT und STÜRENBURG¹ begehen die Abgeschmacktheit, sich den Ruhm für Einführung desselben in die Mikrophotographie zuzuschreiben.

3. Die künstlichen Lichtquellen

Die für die Mikrophotographie verwendbaren künstlichen Lichtquellen lassen sich folgendermassen eintheilen:

1. Licht erzeugt durch Elektricität.
 - a) Bogenlicht
 - b) Glühlicht.
2. Licht erzeugt durch Verbrennen von Metallen.
3. Licht erzeugt durch Verbrennen kohlenstoffreicher (fester — flüssiger — gasförmiger) Substanzen.
4. Licht erzeugt durch Weissgluth bestimmter Metalle und Erden.

Das elektrische Bogenlicht steht in Folge seines Reichthums an kurzwelligen Strahlen und seiner grossen Helligkeit dem Sonnenlichte am nächsten. Die besonders zahlreich vorhandenen ultravioletten Strahlen müssen, wofern man nicht beabsichtigt, sie speciell zur Bilderzeugung zu benutzen, behufs Vermeidung von Fokusdifferenz durch ein passendes Filter ausgemerzt werden. Die in neuester Zeit sehr vervollkommenen Lampen liefern zwar ein bei Weitem gleichmässigeres Licht, als die alten Konstruktionen, doch ist auch bei ihnen nicht ausgeschlossen, dass die Helligkeit plötzlich für Sekunden erheblich nachlässt und das bläuliche Licht wohl gar durch röthliches ersetzt wird. Das immerwährende Hin- und Herschwanken, das Springen und Sprühen der Funken bewirkt, dass es sich für die Mikrophotographie mit Vortheil nur nach Einschalten einer matten Scheibe zwischen Lichtquelle und Objekt verwenden lässt. Hierdurch geht jedoch ein erheblicher Theil der Helligkeit verloren.

¹⁾ REICHARDT u. STÜRENBURG a. a. O. S. 25.

DONNÉ und FOUCAULT bedienten sich desselben schon in den vierziger Jahren dieses Jahrhunderts zu mikrophotographischen Arbeiten. Zur Erzeugung der nothwendigen Elektricität waren 40 bis 50 grosse BUNSEN-Elemente erforderlich; der von FOUCAULT angegebene photoelektrische Regulator sorgt dafür, dass die beiden Kohlenspitzen, zwischen denen der Funke überspringt, in gleichmässiger Entfernung von einander gehalten werden. MOITESSIER¹ gebrauchte die von DUBOSQ konstruirte Lampe, welche aus einem Messinggehäuse besteht, in dessen Mitte sich die vom Regulator gehaltenen Kohlenspitzen befinden; ein an der Rückwand befestigter, metallener Hohlspiegel reflektirt die Strahlen auf die an entgegengesetzter Wand angebrachte Sammellinse von kurzer Brennweite, welche das Licht zu einem Bündel paralleler Strahlen sammelt.

Die Erfindung der elektrischen Dynamo-Maschinen brachte in der Verwendung des Bogenlichtes gewaltige Umwälzungen hervor, da die Kosten der Elektricitätserzeugung sich ungemein verringerten. Gleichzeitig erfuhren die Lampen wesentliche Verbesserungen. Da die positive Kohlenspitze ungleich intensiver und in grösserer Ausdehnung glüht, als die negative, so richtet man die Stellung der Kohlen derart, dass sie nicht wie beim gewöhnlichen Gebrauche der Lampe senkrecht über einander, sondern schräg stehen. Dadurch wird der glühende Theil der positiven Spitze voll dem Mikroskop zugekehrt, während die negative Spitzt ihren glühenden Abschnitt nach der entgegengesetzten Richtung wendet. Um bei Zwischenschaltung der matten Scheibe möglichst wenig Licht zu verlieren, wird die Beleuchtung dadurch bewerkstelligt, dass man mittels eines Kondensorlinsensystems das Bild der glühenden Kohlenspitze auf der Scheibe entwirft. Zur Absorption der Wärmestrahlen stellt man zwischen Sammellinsen und matter Scheibe eine Kühlkammer auf (s. S. 85). Um die allzu grosse Hitze und etwa absprühende Funken von der ersten Sammellinse abzuhalten, bedeckt man letztere mit dünner Glimmerplatte.

Bei seinem grossen mikrophotographischen Apparate (Figur 16) traf ZEISS Vorkehrungen, dass Kondensorsystem, Kühlkammer, matte Scheibe, Blenden u. s. w. auf der am Mikroskopirtische befindlichen optischen Bank befestigt und mit Leichtigkeit in jede gewünschte Lage gebracht werden können.

Wegen der gerügten Nachtheile und des verhältnismässig theueren Preises wird elektrisches Bogenlicht gegenwärtig nur ganz ausnahmsweise zu mikrophotographischen Arbeiten verwendet. Für die Projektion übertrifft es dagegen an Brauchbarkeit alle übrigen Lichtquellen.

¹⁾ MOITESSIER a. a. O. S. 92.

Das elektrische Glühlicht. Dasselbe wird bekanntlich dadurch erzeugt, dass man sehr feine, besonders präparirte Kohlefäden durch den elektrischen Strom in Weissgluth versetzt. Da die Kohle, wenn dies Glühen in atmosphärischer Luft vor sich ginge, sofort zu Kohlensäure verbrennen würde, so muss der kugel- oder birnenförmige Behälter des Fäddchens vollkommen luftleer sein. VAN HEURCK war der Erste, welcher dies Licht für die Mikrophotographie in Anwendung brachte¹. STEARN² führte besonders für das Mikroskop konstruirte kleine Glühlämpchen ein und befestigte — aus keineswegs zwingenden Gründen — die dazu gehörigen Apparate am Mikroskopstativ. STEIN³ lehnte sich in seinen Veröffentlichungen über denselben Gegenstand eng an die Arbeiten STEARN's an. In Figur 29 ist die Anordnung dargestellt, wie sie STEIN in der „Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie“ abbildet. Das kleine Glühlämpchen zur Beleuchtung im durchfallenden Lichte ist direkt unter dem Objekttisch an Stelle des Spiegels befestigt. Die im Fuss des Mikroskops verlaufenden, spiraling gewundenen Drähte dienen zur Regulirung der elektrischen Stromstärke, indem die in den Spiralen enthaltenen Widerstände einen Theil der Elektricität in Wärme umwandeln. Durch Drehen an der Kurbel *f* hat man es in der Hand, den Widerstand zu vermehren oder zu verringern und dadurch die Helligkeit beliebig abzustufen. Das bei *g* abgebildete Kurbelsystem hat nur den Zweck, den Strom umzuschalten und durch die oberhalb oder unterhalb des Objekttisches befindliche Lampe zu leiten.

Die feste Verbindung dieser Vorrichtungen mit dem Mikroskopstativ bringt in der Praxis nicht die mindesten Vortheile. Sie vertheuert nur die Anschaffung derartiger Apparate. Ein kleines, auf verstellbarem Stativ, an beweglichem Arm befindliches Glühlämpchen, wie dasselbe in Figur 30 dargestellt ist, genügt allen Anforderungen. Die im alltäglichen Leben zu Erleuchtungszwecken benutzten Glühlampen mit langem Kohlefaden sind für den Mikroskopiker unpraktisch, da es für unsere Zwecke nicht auf die absolute Lichtmenge, sondern nur auf die Helligkeit eines kleinen Abschnittes des glühenden Fadens ankommt. Wir haben daher nur kleine Lampen mit kurzem Faden

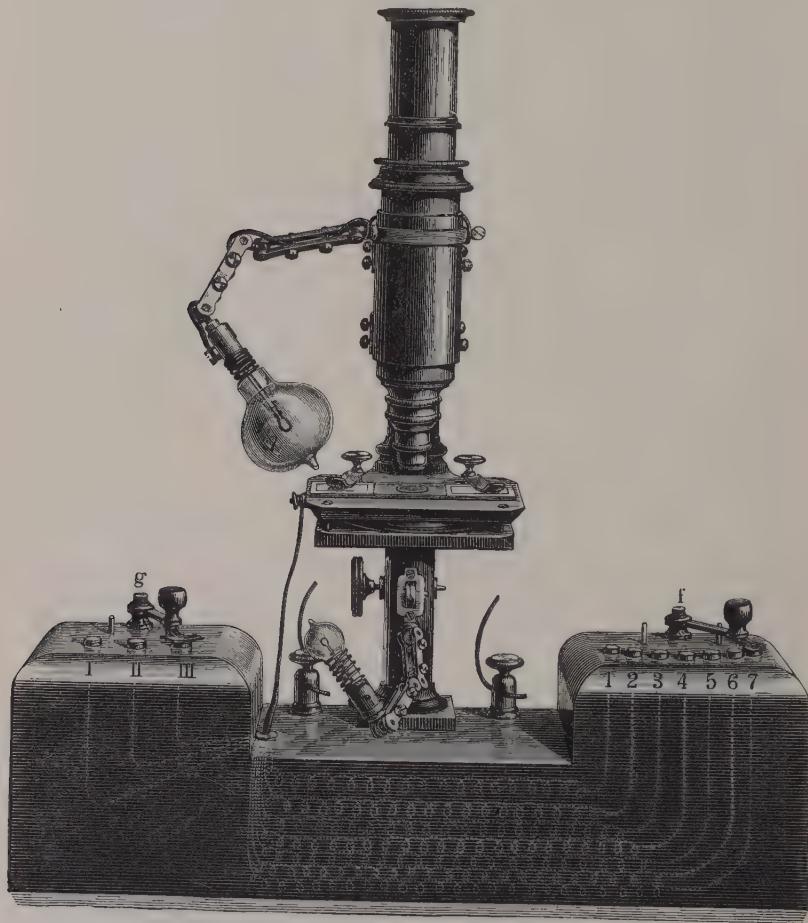
¹⁾ Bulletin de la Société belge de Microscopie 1882 S. 59. — Journal de Micrographie 1883 S. 244. — Synopsis des Diatomées de Belgique S. 219. 1885.

²⁾ STEARN, On the use of incandescence lamps as accessories to the Microscope (Journal of the Royal Microscopical Society Ser. II, Bd. III, S. 29).

³⁾ Zeitschrift des elektrotechnischen Vereins zu Wien 1883, Heft 7, Oktober. — Elektrotechnische Rundschau 1883, December. — Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie Bd. I, 1884, S. 161.

nöthig, welche gleichzeitig den Vortheil gewähren, dass eine geringere Elektricitätsmenge ausreicht, um hellste Weissgluth zu erzeugen.

Als Quelle der Elektricität können verwendet werden Dynamomaschinen, Akkumulatoren und galvanische Elemente. Da man letztere



stets leicht zur Hand hat und für die kleinen Lampen eine hohe Spannung nicht erforderlich ist, so giebt man den Elementen vielfach den Vorzug.

Sehr geeignet zur Erzeugung der Elektricität ist eine BUNSEN'sche Tauchbatterie. VAN HEURCK¹ empfiehlt die von RADIGUET in Paris ver-

¹⁾ Bullitin de la Société belge de Microscopie Bd. XIV, 1889, S. 24.

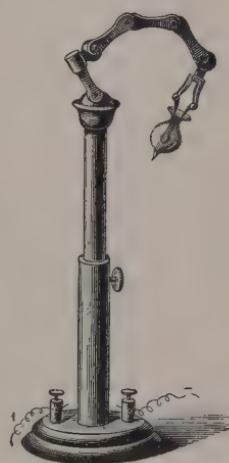
besserten POGGENDORFF'schen Elemente, von denen drei bis sechs zur Speisung einer kleinen, nach den Angaben des Dr. ENGELMANN in Utrecht gefertigten Lampe ausreichen. An letzterer ist ein Rheostat angebracht, welcher die Stromstärke mit mathematischer Genauigkeit zu reguliren gestattet.

Ein Vorzug des Glühlichtes ist seine gleichmässige Helligkeit. Das so oft gerühmte Fehlen der Wärmeentwickelung, welches gestatten soll, die Glühlampe dem Objekte mehr zu nähern, als irgend eine andere Lichtquelle, ist eine jener Fabeln, die, einmal in die Welt gesetzt, unausrottbar sind. Die Glaskugel, sowie die bei gewöhnlichen Glühlampen in der Regel vorhandene Milchglasglocke erhitzten sich kaum weniger, als Cylinder und Glocke einer Petroleumlampe. Es müssten sonderbare Präparate und Mikroskope sein, welche bei der in Figur 29 dargestellten Anordnung durch die Hitze nicht stark leiden sollten.

Je nach der Stromstärke giebt dieselbe Lampe ein Licht von grösserem oder geringerem Gehalte an kurzwelligen Strahlen. Bei grossen Stromstärken und sehr kräftigem Glühen wird jedoch der Faden leicht zerstört. Nach den Untersuchungen von FLESCH¹ und O. E. MEYER² bestehen im Blau und Violett keine wesentlichen Unterschiede zwischen Gaslicht und elektrischem Glühlicht.

Neuerdings wurde das elektrische Glühlicht auch von HELLER³ empfohlen; jedoch konnte sich dasselbe für mikrophotographische Arbeiten allgemeiner nicht einbürgern, weil es gegenüber billigeren und leichter zu beschaffenden Lichtquellen (Petroleumlicht, AUER-Licht) keine Vortheile bietet.

Unter den Lichtarten, welche erzeugt werden durch Verbrennen von Metallen, nimmt das Magnesiumlicht die vornehmste Stelle ein. Dasselbe ist sehr reich an kurzwelligen — auch ultravioletten — Strahlen und besitzt ungewöhnliche Intensität. Leider lässt die gleichmässige Helligkeit viel zu wünschen übrig. Man verwendet das Magnesium in besonderen Lampen folgendermassen: Draht oder schmales, aufgerolltes



30

¹⁾ Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie Bd. I, 1884, S. 175.

²⁾ Centralblatt für Elektrotechnik Bd. V, No. 21, S. 457.

³⁾ Berliner klinische Wochenschrift 1893, No. 11.

Band dieses Metalls wird mit Hilfe eines Uhrwerkes gleichmässig schnell durch eine kurze, enge Röhre vorgeschoben. Am vorderen Ende dieser Röhre findet die Verbrennung statt. In der Regel ist die Anordnung derartig, dass die Flamme im Brennpunkte eines Hohlspiegels sich befindet. Da der bei der Verbrennung sich entwickelnde weisse Rauch auf den Gläsern einen schwer zu entfernenden Niederschlag erzeugen würde, so trägt man dafür Sorge, denselben durch ein mit dem Schornstein in Verbindung gebrachtes Rohr ins Freie zu leiten. Auch hier kann man, wie dies beim elektrischen Bogenlichte beschrieben ist (S. 90), eine matte Scheibe und Kondensorlinsen einschalten. Die Ungleichheiten in der Helligkeit der Flamme, welche die richtige Wahl der Expositionszeit ungemein erschweren, lassen sich freilich hierdurch nicht beseitigen.

Nach MOITESSIER¹ wird die Intensität des Magnesiumlichtes wesentlich erhöht, wenn man statt des einfachen Magnesiumdrahtes eine aus zwei dünneren Magnesiumdrähten und einem Zinkdraht geflochtene Schnur verbrennt.

Früher stand der allgemeinen Verwendung des Magnesiums der hohe Preis des Metalls im Wege. Durch die vervollkommeneten Methoden der Gewinnung ging jedoch der Preis wesentlich herunter, so dass das Kilo Band oder Draht gegenwärtig etwa 50 Mark kostet. Vermeidet man unnötig langes Brennen der Flammen, so stellen sich die Kosten jeder Aufnahme nur auf einige Pfennige. Während des Einstellens kann man die zwischengeschaltete matte Scheibe durch Petroleum- oder Gaslicht erhellen.

Bei Anwendung von Magnesiumlicht empfiehlt es sich, mit dunkelblauen Lichtfiltern zu arbeiten und vor allen Dingen die ultravioletten Strahlen auszuschliessen. Wegen des relativen Mangels an gelben und grünen Strahlen wird man die dem rothen Ende des Spektrums nahe gelegenen Abschnitte zur Beleuchtung füglich nicht verwenden.

Magnesiumband-Licht ist hauptsächlich dann von Werth, wenn es (in Ermangelung von Sonnenlicht und elektrischem Bogenlicht) darauf ankommt, mit möglichst kurzweligen Strahlen zu photographiren.

Magnesium ist auch in fein pulverisirtem Zustande für Beleuchtungszwecke brauchbar; nur muss dasselbe in eigens hierfür konstruirten Lampen abgebrannt werden. Es kommt darauf an, das feine Pulver durch eine Gas- oder Spiritusflamme hindurchzupusten, damit dasselbe, während es die Flamme passirt, verbrennt. Eine sehr vollkommene Vorrichtung ersann JAMES²: Er schüttet das Magnesiumpulver

¹⁾ MOITESSIER, a. a. O. S. 94.

²⁾ British Journal of Photography Februar 1888.

in einen kleinen, unten in einen Konus endenden Cylinder, welcher oben mit einem Rohr in Verbindung steht, in das man zum Zwecke des Blitzens hineinbläst. Durch den Luftdruck wird das Pulver mittels eines aufwärts gebogenen Rohres in die Mitte eines Argandbrenners geführt, wo es zur Verbrennung gelangt. In der Folgezeit wurde eine Reihe ähnlicher Konstruktionen angegeben, bei denen das Magnesiumpulver, während es durch die Flamme hindurchstreicht, in mehr oder minder vollkommener Weise verbrennt. Um die Verbrennung zu einer möglichst vollständigen zu machen, ersann Dr. MIETHE¹⁾ eine zweckmässige Abänderung: Der BUNSEN-Brenner, welcher auch durch eine Spirituslampe ersetzt werden kann, trägt zwei in passender Höhe anzuklemmende Hülsen. Die obere derselben steht mit einem knieförmigen Rohr in Verbindung, das einerseits bis an den unteren Flammensaum reicht, andererseits in einem kleinen, verschliessbaren, das Magnesiumpulver aufnehmenden Metallgefäß endet. Dies Gefäß ist durch eine rohrartige Verlängerung, über welche der Gummischlauch gezogen wird, mit einer Druckbirne aus Gummi verbunden. Die untere, dem Brenner aufsitzende Hülse trägt ein kreisförmiges Kupferblech, welches, unter 45° geneigt, senkrecht über der Oeffnung des Brenners sich befindet. Die Flamme schlägt gegen das Kupferblech und wird durch dies Hindernis gezwungen, sich in Form eines Fächers seitlich stark auszubreiten. Bläst man durch kurzen Druck auf die Birne das in dem Metallgefäß vorhandene Magnesiumpulver in die Lampenflamme, so wird dasselbe vollständig verbrant und erzeugt in einem Bruchtheil der Sekunde ein äusserst kräftiges Licht.

Eine andere Methode der Verbrennung von Magnesiumpulver besteht darin, dass man nach dem Vorgehen von GAEDICKE und MIETHE das Metall mit einem Sauerstoff abgebenden Körper, z. B. mit chlorsaurem Kali, vermischt und dann mit einer Lunte anzündet.

Bei allen Aufnahmen mit Magnesium-Blitzlicht muss natürlich mit einer dauernd leuchtenden Lichtquelle eingestellt werden. Das Einfachste ist, man benutzt eine Gasflamme zum Einstellen und bläst dann das Pulver durch dieselbe Flamme. Da jedoch leuchtende Flammen wegen der geringeren Wärmeentwicklung sich zum Verbrennen des Magnesiums weniger eignen, als die nicht leuchtende Flamme eines BUNSEN-Brenners, so thut man gut, zum Einstellen und Exponiren zwei gesonderte Lampen zu verwenden, oder eine solche Gaslampe, bei der sich die nicht leuchtende Flamme in eine leuchtende umwandeln lässt. Damit nun, was zum Erzielen brauchbarer Bilder durchaus erforderlich

¹⁾ Photographisches Wochenblatt (Berlin) 1889, No. 48 S. 381.

ist, die Lichtquelle sich beim Einstellen genau an derselben Stelle befindet, wie beim Exponiren, so erweist sich folgende Anordnung als nothwendig: Man befestigt in der optischen Achse des Mikroskops, 20 cm vom Objekttisch entfernt, eine etwa 1 bis 2 cm im Durchmesser messende Blende. Unmittelbar hinter derselben steht während des Einstellens eine Gas- oder Petroleumflamme, welche zum Zwecke der Exposition mit der, das Magnesium-Blitzpulver enthaltenden Schale oder mit der Pustlichtflamme vertauscht wird.

NEWCOMB¹ empfiehlt für orthochromatische (Erythrosin-) Platten ein intensiv gelbes Magnesium-Blitzlicht, welches er folgendermassen herstellt: 1 Theil Magnesiumpulver wird mit 5 bis 7 Theilen reinen salpetersauren Natrons vorsichtig mit Holzspatel vermischt und unter Anwendung eines Zünders entzündet.

RÖHMANN und GALEWSKY² empfehlen zur Erzeugung eines gelben Blitzlichtes folgendes Rezept:

Mischung A

Fein pulverisiertes Magnesium	9,6 g
Wasserfreies, überchlorsaures Kali	13,8 "

Mischung B

Wasserfreies, weinsaures Barium	5,7 g
Wasserfreies, überchlorsaures Kali	2,7 "

Man mischt 10 Theile von A mit 1 Theil von B und setzt 0,5 g wasserfreies Kochsalz hinzu. Zur Exposition schüttet man 1-3 g dieser Mischung auf ein kleines Schälchen und entzündet mit folgendem Zündpulver:

1 Theil Milchzucker

2 Theile chlorsaures Kali.

RÖHMANN und GALEWSKY³ schlugen auch noch andere Mischungen vor, um möglichst hohen Gehalt des Lichtes an gelben und grünen Strahlen zu erzielen:

a) Chlorsaures Kali	138 g
Magnesiumpulver	96 "
b) Chlorsaures Kali	1108 "
Essigsäures Kupfer	724 "
c) Chlorsaures Kali	131 "
Magnesiumpulver	342 "

¹⁾ Photographical Times Bd. XIX S. 247.

²⁾ Nach einer persönlichen Mittheilung (1890). Vergl. auch EDER's Jahrbuch für 1892 S. 252.

³⁾ ANTHONY's Bulletin 552.

Zum Gebrauche mische man 6 Theile von a, einen Theil von b und 4 Theile von c.

Ferner empfehlen die genannten Autoren: 7 g chlorsaures Kali gemischt mit 7 g neutralem, weinsaurem Baryt und bei 100° getrocknet. Dann werden 3 g Magnesiumpulver und 0,5 g Kochsalz hinzugesetzt.

Je verwickelter die Mischungen werden, um so mehr treten störende Nebenerscheinungen auf: In Folge von Wärmeverbrauch beim Verbrennen der beigemischten Substanzen verliert nämlich das Licht wesentlich an Kraft; überdies zieht sich die Verbrennungsdauer ungewöhnlich in die Länge. Auch ist es unzweckmässig, bei Blitzpulvermischungen äquivalente Mengen von Magnesium und Sauerstoff abgebenden Körpern zu wählen. Da nämlich der Sauerstoff der Luft mitwirkt, so wird bei äquivalenten Mengen von dem Sauerstoff abgebenden Körper zur Verbrennung nicht Alles verbraucht; der Ueberschuss verbraucht zur Zersetzung seinerseits Hitze und vermindert dadurch die Leuchtkraft des Blitzes.

Verfasser¹⁾ nahm mit reinem Magnesiumpulver und verschiedenen Blitzmischungen Versuche vor, um festzustellen, welches Blitzlicht sich für mikrophotographische Zwecke am besten eignet. Die Untersuchungen erstreckten sich auf Schnelligkeit der Verbrennung, Kraft des Lichtes, Rauchbildung und Vorhandensein der verschiedenen wirk samen Strahlenarten. Das Ergebnis war nach jeder Richtung hin am befriedigendsten bei dem rauchschwachen Blitzpulver von GAEDICKE, einer Mischung von Magnesiumpulver und übermangansaurem Kali. Macht man mit dem Spektographen eine Aufnahme dieses Blitzlichtes auf gewöhnlicher Platte, so zeigt sich im Roth, Gelb und Grün nicht die mindeste Lichtwirkung. Auf der Grenze zwischen Grün und Blau treten mehrere helle Linien auf, an welche sich die ununterbrochene helle Zone im Blau und Violett anschliesst. Ganz anders gestalten sich die Verhältnisse auf der Erythrosinplatte: Hier beginnt die helle Zone bereits im Gelb bei der FRAUNHOFER'schen Linie D. In der Mitte zwischen D und E ist die Lichtwirkung überaus stark; zwischen E und F wird sie verschwindend geringfügig. Im Blau und Violett ergiebt sich kein Unterschied gegenüber der gewöhnlichen Platte. Wiederholt man die Aufnahme auf Erythrosinplatte unter Zwischenschaltung des gelbgrünen ZETTNOW'schen Filters, so wird das blaue und violette Licht vollkommen verschluckt; es bleibt nur die starke Lichtwirkung im Gelbgrün.

Verwendet man an Stelle des ZETTNOW'schen Filters eine gesättigte wässrige Pikrinsäure-Lösung, so werden die blauen und violetten

¹⁾ EDER's Jahrbuch für 1892 S. 70.

Strahlen in völlig ausreichender Weise absorbiert, um die Fokusdifferenz mangelhaft korrigirter Systeme unschädlich zu machen.

Das sind genau die Verhältnisse, wie der Mikrophotograph sie braucht.

Die bei diesem „raucharmen“ Blitzpulver auftretende Rauchentwickelung genügt vollkommen, um den Aufenthalt im Arbeitszimmer unerträglich zu machen. Da nun die Ableitung des Qualms durch besondere Rohre nach aussen kostspielig ist und sich in vielen Fällen überhaupt nicht ausführen lässt, so brennt Verfasser das gemischte Blitzpulver in einer geschlossenen Holzkiste ab, welche an einer Seite ein kleines Fenster besitzt. Ausser diesem, durch eine Spiegelglasplatte verschlossenen Fenster befindet sich an einer Seitenwand noch eine kleine Oeffnung, durch welche man den Zünder hindurchsteckt. Die Kiste muss mindestens 30 cm im Geviert messen, damit die sich ausdehnenden Gase Spielraum haben. Das Arbeiten mit dieser Vorrichtung gestaltet sich folgendermassen: Man stellt mit Petroleum- oder Gaslampe ein. Eine unmittelbar vor der Flamme angebrachte Blende bezeichnet den Ort, wo sich die Lichtquelle befinden muss. Nach Entfernung der Lampe wird die Holzkiste auf der optischen Bank so aufgestellt, dass sich das kleine Fenster nahe bei der Blende befindet. In der Kiste wird dicht hinter dem Fenster das gemischte Blitzpulver in 3 bis 4 cm langem schmalen Streifen aufgeschüttet. An das eine Ende dieses Streifens legt man wenige Körnchen Schiesspulver. Zum Zwecke der Exposition führt man durch die seitliche kleine Oeffnung den brennenden Zünder (ein an kurzem Holzstabe befestigtes Wachsstreichholz) zum Schiesspulver, worauf sogleich das Aufblitzen erfolgt. Nunmehr bringt man die Kiste unverzüglich ins Freie und öffnet den Deckel, damit der Rauch entweichen kann. Die das kleine Fenster verschliessende Glasscheibe ist vor jeder neuen Exposition sorgfältig zu putzen.

Entzündung mit Hilfe von Schiesspulver erwies sich als sehr zweckmässig und sicher wirkend. Dass man die Zündung auch auf anderem Wege, z. B. mit Hilfe eines durch Elektricität zum Erglühen gebrachten Platindrahtes, bewirken kann, ist selbstverständlich.

Für mikrophotographische Zwecke genügen geringfügige Mengen des gemischten Blitzpulvers: eine reichliche Messerspitze voll Magnesiumpulver und etwa der dritte Theil übermangansaures Kali. Beim Mischen sei man recht vorsichtig und vermeide jede Berührung des Pulvers mit Metall. Die Mischung ist stets frisch herzustellen. Es bleibt zwecklos, einen grossen Haufen Blitzpulver zur Entzündung zu bringen, da die Blitzflamme undurchsichtig ist und nur ihre Oberfläche leuchtet. Aus

diesem Grunde schütten wir, wie oben beschrieben, einen schmalen Streifen Blitzpulver auf.

Man wird Blitzlicht in der Mikrophotographie nur dann verwenden, wenn (zur Herstellung von Augenblicksaufnahmen) ungemein kurze Exposition nöthig ist. Der Blitz dauert etwa $1/30$ Sekunde. Man ist also im Stande, bewegliche Mikroorganismen aufzunehmen. Den Beweis hierfür lieferte zuerst DUNCKER¹. Er fertigte mit Pustlicht (dessen Blitz etwas längeren zeitlichen Ablauf hat) vortrefflich gelungene Aufnahmen schwimmender Infusorien. Verfasser photographirte ebenfalls schwimmende Infusorien mit der oben beschriebenen Kisten-Einrichtung unter Benutzung der Mischung von Magnesium und übermangansaurem Kali. Bei 200facher Linearvergrösserung kam das Bild völlig scharf und gut durchgearbeitet. Versuchsweise photographirte Verfasser auch gefärbte Bakterien in 1000facher Linearvergrösserung (Pikrinfilter). Auch dies Negativ erwies sich als vorzüglich durchexponirt. Um ein gleich gutes Negativ mit Petroleumlicht zu erzielen, wären 4 Minuten (also 7000mal längere) Expositionszeit nöthig gewesen.

Man versuchte, das Magnesiumpulver durch feines Pulver von Aluminiumbronze (reines Aluminium ist nicht verwendbar) zu ersetzen; doch brachte das Verfahren keine besonderen Vortheile.

Es wurden ferner Magnesium-Talgkerzen empfohlen, um die Verbrennung des Magnesiums zu verlangsamen. Folgende Mischung² giebt ein kräftiges, mehrere Sekunden andauerndes Licht:

20	Theile	Magnesiumpulver
31	"	Bariumnitrat
4	"	Schwefelblume
7	"	Talg.

Wegen der starken Rauchentwickelung und der langsamen Verbrennung, die Augenblicksaufnahmen nicht zulässt, dürften diese Kerzen praktische Bedeutung für den Mikrophotographen nicht erlangen.

Als in früheren Jahren der Preis des Magnesiums noch unerschwinglich hoch war, versuchte man durch Verbrennen anderer Metalle ein photographisch wirksames Licht zu erzeugen. Hierfür geeignet sind in Sauerstoff verbrennende Zinkspähne. Jetzt giebt man dem Magnesium auf jeden Fall den Vorzug.

Wir kommen nunmehr zur Besprechung der Lichtarten, die erzeugt werden durch Verbrennen kohlenstoffreicher Substanzen. Die festen Körper dieser Art, wie Kohle, Wachs- und Stearinkerzen, kommen

¹⁾ Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie Bd. VII, 1890, S. 147.

²⁾ WILSON's Photographical Magazin 1889 S. 604.

nicht in Betracht, da man mit den flüssigen und gasförmigen ein brauchbareres Licht erzielt.

Unter den flüssigen Kohlenstoff-Verbindungen nimmt das Petroleum den ersten Platz ein. Zwar zeigen die verschiedenen Abschnitte der Flamme verschiedene Helligkeit, doch ist dies gleichgültig, da immer nur ein kleiner Abschnitt zur Wirksamkeit gelangt. Bei Aufstellung der Lampe hat man darauf zu achten, dass der hellste Theil der Flamme ausgenutzt wird. Bei der Wahl der Lampe lasse man sich weniger durch die absolute, von derselben gelieferte Lichtmenge bestimmen, als durch das Vorhandensein eines, wenn auch nur kleinen, recht weissen Abschnittes. Die Frage, ob Rundbrenner oder Flachbrenner, ist nicht ohne Weiteres zu beantworten, da beide Konstruktionen weisses Licht geben können. In der Regel zeichnen sich die Flachbrenner durch ein für die Photographie ungeeignetes gelbes Licht aus. Doch auch mancher Rundbrenner lässt in diesem Punkte viel zu wünschen übrig. In nicht wenigen Fällen kann man die Farbe der Flamme durch geringe Veränderungen in der Stellung des Cylinders wesentlich verbessern. Bei Rundbrennern kommt es hierbei vorwiegend auf die Lage der Einschnürung des Cylinders an.

Jeder aufmerksame Beobachter bemerkt, dass eine Lampe, welche ursprünglich weisses Licht lieferte, nach einiger Zeit gelblich brennt. Das hat seinen Grund in der Beschaffenheit des Doctes: Ist letzterer durch Ablagerung von Kalk und anderen erdigen Bestandtheilen hart geworden, so saugt er das Petroleum nur unvollkommen auf und muss durch neuen Docht ersetzt werden.

Dass die Helligkeit der Flamme auch durch die Beschaffenheit des Cylinders beeinflusst wird, darf als selbstverständlich gelten. Reichlich mit Luftblasen durchsetzte Cylinder sind zu verwerfen. Besonders wichtig ist sauberes Putzen des Glases.

Auch das beste Petroleumlicht ist, wie alle Lichtquellen dieser Gruppe, verhältnismässig arm an kurzweligen Strahlen. Der Reichthum an blauen und violetten Strahlen liesse sich durch Vorwärmen der zur Verbrennung gelangenden Luft — wie dies bei Leuchtgas häufig geschieht — wesentlich erhöhen. Neukonstruktionen dieser Art würden den Dank aller Mikrophotographen in weit höherem Grade erwerben, als die allerwärts auftauchenden neuen mikrophotographischen Apparate.

Der zur Erhöhung der Leuchtkraft früher vielfach empfohlene Kamphor-Zusatz zum Petroleum hat nach den Untersuchungen des Verfassers¹ keinen Werth.

¹⁾ EDER's Jahrbuch für Photographie für 1893 S. 127.

Bei dem früher allgemein üblichen nassen Verfahren stand der Verwendung des Petroleumlichtes die Unempfindlichkeit der Platten und das Trocknen derselben bei langen Belichtungen hinderlich im Wege. Seit Einführung der hochempfindlichen Trockenplatten sind derartige Schwierigkeiten überwunden.

In der Billigkeit und Leichtigkeit seiner Anwendung ist das Petroleumlicht bisher von keiner anderen künstlichen Lichtquelle übertroffen; die mangelnde Intensität lässt sich durch längere Belichtungszeiten ausgleichen. Verfasser bediente sich bei mikrophotographischen Arbeiten jahrelang beinahe ausschliesslich des Petroleumlichtes, auch wenn es auf tausendfache Linearvergrösserung ankam. Nur wenn es sich um Auflösung feinster Zeichnungen auf den Kieselschalen der Diatomeen handelte, wurde wegen des grösseren Reichthums an kurzwelligen Strahlen zum Sonnenlichte gegriffen. Doch gelingt auch die Auflösung der Querstreifung von *Amphibleura pellucida* mit Petroleumlicht in vollkommener Weise.

Die übrigen zu Erleuchtungszwecken verwendeten flüssigen Kohlenstoffe, wie Brennöl und dergl., bieten dem Petroleum gegenüber keine Vortheile.

Unter den gasförmigen Kohlenstoffverbindungen spielt das Leuchtgas die Hauptrolle. Bemerkenswerthe Unterschiede bestehen nicht zwischen der gewöhnlichen Gasflamme und dem Petroleumlichte. Die Helligkeit der ersteren ist sehr verschieden, je nach der Konstruktion des verwendeten Brenners. Verhältnismässig unvortheilhaft sind die Argandbrenner¹⁾. Die in neuerer Zeit vielfach in Anwendung kommenden Brenner mit Vorwärmung der zur Verbrennung bestimmten Luft (Regenerativbrenner nach SIEMENS, WENHAM u. A.) liefern ausserordentlich kräftiges weisses Licht. Wegen hochgradiger Wärmestrahlung muss die Flamme in gemessener Entfernung vom Mikroskop aufgestellt werden.

Um die Leuchtkraft zu erhöhen, empfahl STERNBERG²⁾, mehrere Gasflachbrenner dicht hinter einander aufzustellen.

Das neuerdings eingeführte Acetylenlicht ist für mikrophotographische Zwecke recht empfehlenswerth. Nach Untersuchungen, die SCHULTZ-HENCKE und Verfasser³⁾ vornahmen, ist es in Bezug auf Helligkeit etwa gleichwerthig mit dem später zu besprechenden AUER'schen

¹⁾ EDER's Jahrbuch für Photographie für 1893 S. 127.

²⁾ Journal of the Royal Microscopical Society 1890 S. 667.

³⁾ Photographische Rundschau 1897 S. 101. Vergl. auch H. VAN HEURCK's Mittheilungen über Acetylen im Bulletin de la Société belge de Microscopie 1895-1896, XXI, No. 1-4, S. 68, und die Angaben im Bulletin de la Société belge de Microscopie 1895-1896, XXII, S. 51.

Gasglühlichte, gestattet also ungefähr 4mal kürzere Exposition, wie bestes Petroleumlicht.

Unter den Lichtarten, die erzeugt werden durch Weissgluth verschiedener Erden und Metalle, ist in erster Linie das DRUMMOND'sche Kalklicht zu nennen, das Licht, welches ein im Leuchtgas-Sauerstoff-Gebläse aufgestellter Kalkzylinder giebt. Dasselbe wurde neben dem elektrischen Lichte schon von DONNÉ und FOCAULT vor etwa 50 Jahren zu mikrophotographischen Arbeiten verwendet. Damit die Helligkeit gleichmässig bleibt, muss der Kalkzylinder langsam gedreht werden: sobald nämlich die sehr heisse Flamme einige Zeit auf dieselbe Stelle gewirkt hat, lässt in Folge von Zusammensintern des Kalkes die Helligkeit nach.

Während man früher zur Beschaffung von Kalklicht den nothwendigen Sauerstoff selbst herstellen musste, wird letzterer jetzt in komprimirtem Zustande von TH. ELKAN (Berlin N, Tegeler Strasse 15) geliefert. Hierdurch ist das Arbeiten mit diesem vortrefflichen Licht dergestalt erleichtert, dass wir den Mikrophotographen nicht dringend genug raten können, in allen Fällen, wo sehr kräftiges Licht nöthig ist, mit Kalklicht zu photographiren. Die gefüllten Stahlbomben von ELKAN enthalten unter einem Druck von 150 Atmosphären 500 oder 1000 l Sauerstoff. Durch ein Reduzirventil wird der Druck des ausströmenden Gases auf eine halbe Atmosphäre ermässigt. Auch die nothwendigen Brenner und Kalkscheiben werden in tadeloser Güte von ELKAN geliefert.

Der Gehalt des Lichtes an gelbgrünen Strahlen, mit denen der Mikrophotograph vorwiegend arbeitet, ist gross. Kalklicht erfordert (unter sonst ganz gleichen Verhältnissen) für die Exposition kaum so viele Sekunden, wie Petroleumlicht Minuten. Wir konnten unter Benutzung von Erythrosinplatte und Pikrinfilter eine Bakterienaufnahme in 1000facher Vergrösserung in 2-3 Sekunden herstellen. Zum Beobachten des Präparates im Mikroskop muss man unbedingt eine dunkelblaue Scheibe einschalten, weil sonst das Auge zu stark geblendet wird.

Benutzung von Wasserstoffgas statt des Leuchtgases bringt keine nennenswerthen Vortheile. Nur wo Leuchtgas fehlt, wird man zum Wasserstoffgase greifen, welches ebenfalls im komprimirten Zustande von ELKAN geliefert wird. Als Ersatz für Leuchtgas lassen sich auch Aetherdämpfe verwenden, welche in besonderen Aethersaturatoren¹,

¹⁾ Aethersaturatoren mit zugehörigem Kalkbrenner liefert z. B. die Firma UNGER & HOFFMANN, Dresden-A. Reissiger Strasse.

durch welche der Sauerstoffstrom hindurchstreicht, erzeugt werden. Das Aether-Sauerstoff-Kalklicht ist annähernd so hell, wie Leuchtgas-Sauerstoff-Kalklicht. Wegen der Feuergefährlichkeit des Aethers ist aber grosse Vorsicht nöthig. Alkohol-Sauerstoff-Kalklicht ist minderwerthig.

Die Bestrebungen, den schlecht haltbaren Kalkzylinder durch andere Körper zu ersetzen, reichen in frühe Zeit zurück. CARLEVAIS¹ brachte Stückchen von Chlormagnesium und kohlensaurer Magnesia in die Wasserstoff-Sauerstoff-Flamme. Roux² in Paris verwendete gepresste Magnesia. Im letzten Jahrzehnt spielte Zirkonerde (in Täfelchen oder Stiften) eine grosse Rolle. Zirkonerde wird in besonders konstruirten Brennern, die den Namen ihres Erfinders: Prof. LINNEMANN, tragen, verwendet. Bei diesen Brennern ist die Zuführung der beiden Gase gut regulirbar und die Hitzeentwicklung ungewöhnlich stark.

Zirkonlicht fand weiteste Verbreitung, obgleich dasselbe nur Eigenschaften besitzt, welche von seiner Verwendung abschrecken sollten: Die LINNEMANN'schen Brenner sind sehr theuer, das unvermeidliche Zischen des Lichtes wird auf die Dauer unerträglich und die Helligkeit ist mit derjenigen des Kalklichtes nicht entfernt vergleichbar. Nach den Messungen, welche SCHULTZ-HENCKE und Verfasser³ vornahmen, stellen sich, unter Benutzung von Leuchtgas und Sauerstoff, die Helligkeitsverhältnisse folgendermassen: Kalklicht bei nicht zischender Flamme 500, bei stark zischender Flamme 1350 Normalkerzen. Zirkonlicht (grosser LINNEMANN'scher Brenner von SCHMIDT & HAENSCH) bei zischender Flamme 95 Normalkerzen. Zum Vergleiche sei angeführt, dass bestes AUER'sches Glühlicht 84 Normalkerzen und Acetylenlicht (Gaserzeugungsapparat und Brenner von UNGER & HOFFMANN) 90 Normalkerzen ergab. Möge also Zirkonlicht endlich aus den Laboratorien verschwinden und dafür wieder das alte, wohlerprobte Kalklicht eintreten, welches durch den elenden Nebenbuhler ein Jahrzehnt lang beinahe völlig verdrängt war.

Wem es auf besondere Sparsamkeit beim Sauerstoffverbrauch ankommt, kann auch den Kalkzylinder in Verbindung mit dem LINNEMANN'schen Brenner benutzen. Letzterer beansprucht ungefähr nur den dritten Theil Sauerstoff, wie ein gewöhnlicher Kalkbrenner. In Folge der ungeheueren Hitze brennen aber in kurzer Zeit tiefe Löcher in den Kalk ein und man muss den Cylinder beinahe beständig drehen.

¹⁾ Comptes rendus Bd. LX, 1865, Juni, S. 1253.

²⁾ British Journal of Photographie 1887, 18. November.

³⁾ Photographische Rundschau 1897 S. 101.

Gepresste Stäbchen aus gebrannter Magnesia geben in Verbindung mit dem LINNEMANN'schen Brenner etwas besseres Licht als Zirkon.

Zu der soeben besprochenen Gruppe von Lichtarten gehört auch das AUER'sche Glühlicht, welches in kürzester Zeit einen Siegeslauf rund um die Erde ausführte. Dasselbe ist für Mikrophotographie sehr geeignet und gestattet nach den Untersuchungen des Verfassers¹⁾ 4 mal kürzere Belichtungszeit, als bestes Petroleumlicht.

Man stellte in der Mikrophotographie auch mit allen möglichen anderen Lichtquellen Versuche an, ohne hierbei zu bemerkenswerthen Resultaten zu gelangen. Wir lassen es also bei obiger Aufzählung bewenden. Eine ideale künstliche Lichtquelle fehlt uns noch, d. h. eine solche, welche bei geringfügigsten Kosten etwa dem Kalklichte ähnliche Helligkeit besitzt. Vielleicht gelingt es, einen Körper aufzufinden, welcher schon durch Leuchtgas und durch ein Gummi-Gebläse zuführende atmosphärische Luft (ohne den theueren, reinen Sauerstoff) in dieselbe Weissgluth zu bringen ist, wie Kalk im Leuchtgas-Sauerstoff-Gebläse. Hier eröffnet sich ein aussichtsvolles Arbeitsfeld für denjenigen, welcher sich in der Mikrophotographie einen Namen machen will.

Die Frage, welcher Lichtquelle wir uns bei dem gegenwärtigen Stande der Dinge bedienen sollen, ist nicht ohne Weiteres zu beantworten, denn man muss den jeweiligen Verhältnissen Rechnung tragen. Der Mikrophotograph, welcher mit beschränkten Mitteln arbeitet, ist gezwungen, sich mit der Petroleum- oder AUER-Lampe zu begnügen, und die wenigen Dinge, welche zu ihrer Abbildung durchaus anderes Licht erfordern, für sonnige Tage aufzusparen. Es geht hier so, wie in vielen anderen Dingen: Der Geschickte leistet mit beschränktesten Hilfsmitteln weit Besseres als ein Anderer, der bei allen Neanschaffungen niemals Zeit findet, sich auf das Alte, Brauchbare einzuarbeiten. Wo die Kosten keine Rolle spielen, ratthen wir unbedingt zu Kalklicht.

¹⁾ EDER's Jahrbuch für Photographie für 1893 S. 127.

Vierter Abschnitt

Die Beleuchtung

Richtige Beleuchtung des aufzunehmenden Objektes ist in der Mikrophotographie von weittragendster Bedeutung. Die theuersten Apparate, die besten Gläser und das wirksamste Licht sind völlig werthlos, wenn man es nicht versteht, dem Objekte die Strahlen in richtiger Weise zuzuführen. In keinem anderen Punkte herrschte aber von jeher bis in die neueste Zeit hinein so grenzenlose Verwirrung, wie in diesem. In Unkenntnis der optischen Gesetze legten sich die Autoren eine Theorie zurecht, welche sich mit ihren Beobachtungen am Mikroskop leidlich in Einklang bringen liess. Die einmal begangenen Irrthümer erbten sich von Geschlecht zu Geschlecht, von Lehrbuch zu Lehrbuch fort; mit staunenswerther Gewissenhaftigkeit schrieben neue Schriftsteller das alte Falsche ab, auch nachdem sich längst ganz neue Ansichten über die Beleuchtung und die Theorie der Bild-erzeugung Bahn gebrochen hatten¹.

1. Beleuchtung mit durchfallendem Licht

- a. Allgemeines über den Strahlengang bei Anwendung von Planspiegel, Hohlspiegel und Sammellinse.
Wirkung der Blenden

Alle von irgend einer Lichtquelle $L_1—L_2$ (Figur 31) ausgehenden Strahlen fallen in konvergirenden Büscheln auf jeden Punkt des Objektes

¹⁾ Vergl. die Abschnitte über Beleuchtung in: DIPPEL, Grundzüge der allgemeinen Mikroskopie, und DIPPEL, Handbuch der allgemeinen Mikroskopie.

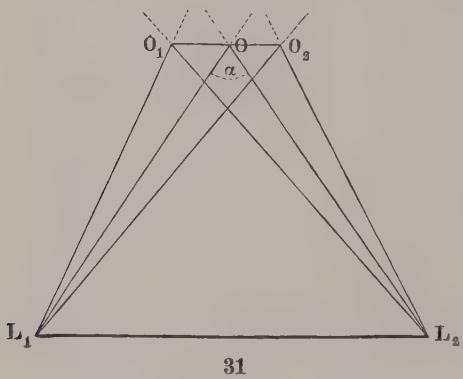
($O_1 O O_2$), gleichgültig ob, wie in der Regel bei mikrophotographischen Arbeiten mit wagerechtem Mikroskop, die Unterseite des Objektes direkt der Lichtquelle zugekehrt ist, oder ob man einen Plan- oder Konkavspiegel zur Beleuchtung verwendet. Die Winkelöffnung α dieser kegelförmigen Büschel (Beleuchtungskegel) ist abhängig von der Entfernung und Grösse der Lichtquelle und von der Gestalt und Stellung der Spiegel.

In dem Falle, wo die Unterseite des Objektes dem mit hellen Wolken bedeckten Himmel zugekehrt ist, beträgt der Oeffnungswinkel des Beleuchtungskegels, wofern nicht die Umrahmung des Fensters oder gegenüberliegende Gebäude den Gesichtskreis einengen, annähernd 180^0 ; richtet man dagegen das Mikroskop direkt auf die Sonne, so ist

dieser Winkel nur $1/2^0$, da die Sonne am Himmelsgewölbe eine scheinbare Breite von $1/2^0$ hat.

Bei Verwendung von Spiegeln gestalten sich die Verhältnisse folgendermassen:

$L_1 L_2 L_3$ (Figur 32) sei die Lichtquelle, PP_1 $MP_2 P_3$ ein Planspiegel, cMc_1 ein Konkavspiegel und O das aufzunehmende Objekt. Während der



31

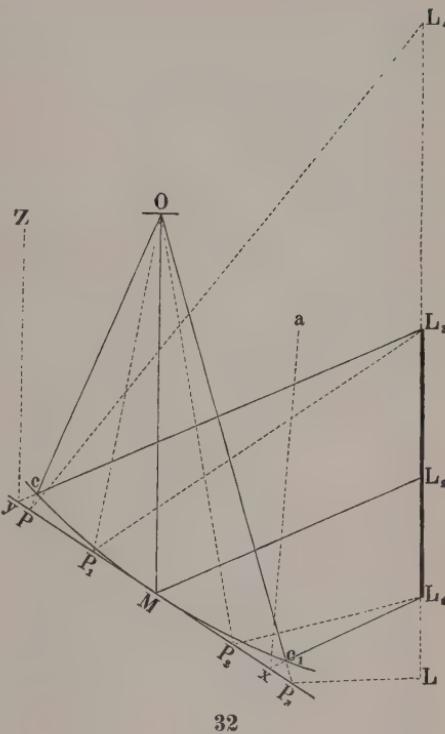
Achsenstrahl $L_2 M$ von beiden Spiegeln in gleicher Richtung reflektiert wird, ergeben sich bei den übrigen Strahlen wesentliche Verschiedenheiten. Die von den Rändern der Lichtquelle ausgehenden Strahlen können, vom Planspiegel reflektiert, das Objekt O überhaupt nur dann treffen, wenn sie auf Punkte des Spiegels fallen, welche von M nicht weiter als P_1 oder P_2 entfernt sind. Der Strahl $L_3 y$ würde beispielsweise nach Z reflektiert werden, $L_1 x$ dagegen nach a . Die Lichtquelle $L_1 L_3$ liefert also bei Reflexion durch den Planspiegel einen Beleuchtungskegel mit dem Oeffnungswinkel $P_1 O P_2$.

Wird der Konkavspiegel zur Reflexion verwendet, so gelangen noch Strahlen zum Objekte O , welche den Spiegel in den Punkten c und c_1 treffen. Der hierbei gelieferte Strahlenkegel hat also den Oeffnungswinkel $c O c_1$.

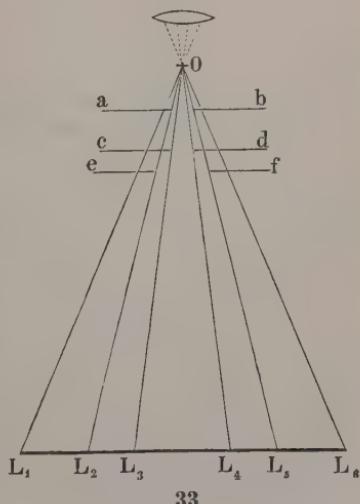
Bei gleicher Grösse und gleichem Abstande der Lichtquelle giebt daher der Hohlspiegel einen breiteren Beleuchtungskegel; er tritt mit

grösserer Flächenausdehnung für die Beleuchtung in Wirksamkeit als der Planspiegel; mit anderen Worten: er vermag mehr Licht auf das Objekt zu senden als letzterer. Damit der vom Planspiegel gelieferte Beleuchtungskegel denselben Öffnungswinkel hat, wie der von dem Hohlspiegel gelieferte, müsste die Lichtquelle die Grösse LL_4 haben. Man kann deshalb auch sagen: der Vortheil des Hohlspiegels beruht darauf, dass er im Vergleich zum Planspiegel so wirkt, als ob eine ausgedehntere Lichtquelle zur Verfügung steht.

In welcher Weise wirken nun unter dem Objekte angebrachte Blenden? $L_1 L_6$ (Figur 38) sei die Lichtquelle, welche, wenn Blenden nicht vorhanden sind, einen Lichtkegel mit dem Öffnungswinkel $L_1 O L_6$ erzeugt. Bringt man zwischen Objekt und Lichtquelle eine Blende ab an, so können die von L_1 und L_6 ausgehenden Strahlen nicht mehr nach O gelangen; vielmehr hat der beleuchtende Lichtkegel jetzt den Öffnungswinkel $L_2 O L_5$. Wird eine Blende cd von derselben Öffnung wie diejenige ab in noch grösserer Entfernung vom Objekte angebracht, so verliert der Lichtkegel abermals an Breite. Blenden von grösserer Öffnung, z. B. ef müssen, um dieselbe Wirkung in Bezug auf Ein-



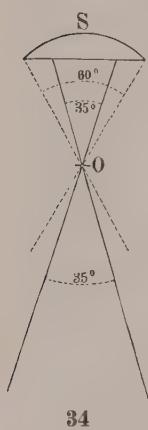
32



33

engung des Lichtkegels hervorzubringen, wie solche von kleiner Oeffnung $a b$, der Lichtquelle mehr genähert werden. Aus diesen Beobachtungen erhellt, dass man mit den auf- und abschiebbaren Cylinderblendungen am besten die Breite des beleuchtenden Lichtkegels zu reguliren vermag.

Da die Strahlen, wofern sie nicht durch brechende Medien abgelenkt werden, sich stets geradlinig fortpflanzen, so müssen dieselben bei Beleuchtung mit durchfallendem Licht vom Objekt aus in Gestalt divergirender Büschel zum Objektivsystem weitergesendet werden (Figur 34). Der Oeffnungswinkel dieser divergirenden Büschel ist der Scheitelwinkel des Oeffnungswinkels der von der Lichtquelle zum Objekt konvergirenden Büschel; beide Winkel sind demnach gleich¹. Mag daher die num. Apertur des jeweilig benutzten Objektivs noch so gross



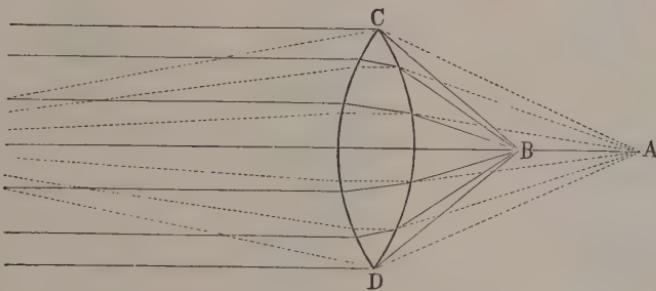
sein; es kann doch nur diejenige Apertur in Wirksamkeit treten, welche dem Oeffnungswinkel des das Objekt beleuchtenden Strahlenkegels entspricht. Ein Beispiel möge dies erläutern: S (Figur 34) stelle ein Trockensystem mit der num. Apertur 0,50 (Oeffnungswinkel 60°) dar. Der Oeffnungswinkel des das Objekt O beleuchtenden Lichtkegels betrage 35°. Dann gelangen auch nur Strahlenkegel mit einer Divergenz von 35° in das Objektiv, und da bei einem Trockensystem dem Oeffnungswinkel von 35° die num. Apertur 0,30 entspricht, so verhält sich das benutzte Objektiv in diesem Falle wie ein solches von 0,30 num. Apertur.

Bei der in beinahe allen Schriften über Mikrophotographie eine Hauptrolle spielenden Beleuchtung mit parallelen Strahlen wäre die in Wirksamkeit tretende Apertur des Objektivs gleich Null; es findet demnach eine Abbildung überhaupt nicht statt. In allen Fällen, wo die Autoren mit angeblich parallelen Strahlen eine Abbildung zu Wege brachten, waren neben den parallelen auch in gewissem Winkel einfallende Strahlen vorhanden.

1) In Wirklichkeit sind diese beiden Winkel nur dann völlig gleich, wenn, wie dies bei gefärbten Objekten der Fall ist, die Bilderzeugung auf Absorptionswirkung gewisser Strahlen beruht. Bei stark lichtbrechenden Objekten werden die Verhältnisse verwickelter; doch gehört das genaue Eingehen auf diese Dinge nicht an diesen Ort. Durch die planparallelen Begrenzungsfächen der Präparate (Unterseite des Objektträgers und Oberseite des Deckgläschens) werden Unterschiede in der Breite des einfallenden und austretenden Lichtkegels nicht herbeigeführt.

Es ist einleuchtend, dass man selbst mit dem Hohlspiegel sehr breite Beleuchtungskegel, welche die unbeschränkte Ausnutzung von Systemen mit hoher num. Apertur gestatten, nicht erzielen kann. Hier tritt die Beleuchtung mit Konvexlinsen (sogen. Kondensoren) in ihre Rechte.

Der von denselben erzeugte Strahlenkegel (Figur 35) ist verschieden gross, je nachdem die Lichtquelle sich, wie die Sonne, in weiter Ferne oder, wie die künstliche Flamme, in verhältnismässiger Nähe befindet. Die aus unendlich grosser Entfernung kommenden Strahlen vereinigen sich im Brennpunkte *B*, die von einer näher gelegenen Lichtquelle herrührenden (punktirt gezeichneten) dagegen in *A*. Dieselbe Linse liefert also Beleuchtungskegel von verschiedener Oeffnung. Der Oeffnungswinkel *C B D* ist am grössten, wenn die Strahlen aus der Unendlichkeit kommen; er wird um so kleiner, je mehr sich die Lichtquelle



35

dem Brennpunkte der Linse nähert. Neben der Lage der Lichtquelle ist die Gestalt der Sammellinse von Einfluss auf die Breite des beleuchtenden Lichtkegels.

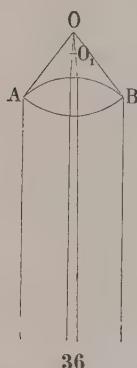
Der Name ‚Kondensor‘ (Verdichter der Strahlen) ist für die Beleuchtungslinsen nicht passend gewählt, da hier eine Verdichtung des Lichtes nicht stattfindet. Die bei Anwendung der Sammellinsen erzielte grössere Helligkeit des Bildes ist lediglich Folge der Vergrösserung des wirksamen Querschnittes des Beleuchtungskegels. Die Helligkeit dieses Querschnittes im Vergleiche zur Helligkeit der ursprünglichen Lichtquelle wird durch keinen Beleuchtungsapparat (weder durch Hohlspiegel noch durch Sammellinse) vermehrt.

Wir stehen hier bei einem Punkte, über welchen nicht nur in den alten Lehrbüchern die denkbar grösste Verwirrung herrscht. Jeder Autor gibt genaue Vorschriften, wie man das Licht ‚kondensiren‘ soll.

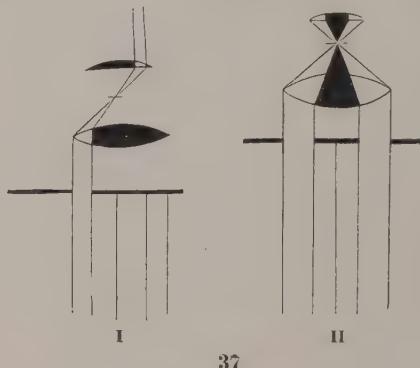
BREWSTER¹ will sogar das Natriumlicht einer Kochsalz-Weingeistflamme durch Linsen derartig verdichten, dass sich alle mikroskopischen Beobachtungen damit ausführen lassen. Das konnte ihm natürlich noch Niemand nachmachen.

Halten wir an dem Satze fest, dass alle Spiegel und Beleuchtungslinsen nur in dem Sinne wirken, dass sie die Grundfläche des Beleuchtungskegels erweitern; mit anderen Worten: dass sie die Lichtquelle ohne Verminderung ihrer Leuchtkraft auf grössere Ausdehnung bringen.

Bei Anwendung eines Hohlspiegels oder einer Sammellinse gelangen dann am meisten Strahlen auf das Objekt, wenn letzteres sich dort befindet, wo sich die Strahlen schneiden, d. h. wenn Objekt und Bild der Lichtquelle zusammenfallen. Die Randstrahlen $A O$ und $B O$



36



37

(Figur 36) können nur dann das Objekt treffen und zur Bilderzeugung beitragen, wenn das Objekt im Bilde der Lichtquelle liegt. Befindet sich das Objekt in O_1 , so wird dasselbe von schmaleren Strahlenkegeln erleuchtet; es kann demgemäss auch nur ein kleinerer Theil der Oeffnung des Objektivs zur Wirksamkeit gelangen. Man ist also im Stande, durch Veränderung des Abstandes der Sammellinse, oder des Hohlspiegels vom Objekt die Breite des beleuchtenden Lichtkegels zu reguliren.

Die Wirkung der zwischen Lichtquelle und Sammellinse eingeschalteten Blenden gestaltet sich ganz entsprechend den auf Seite 107 (Figur 33) dargestellten Verhältnissen. Man kann durch Abblenden der Randstrahlen die Breite des beleuchtenden Lichtkegels beliebig

¹⁾ BREWSTER, Treatise on the Microscope 1837.

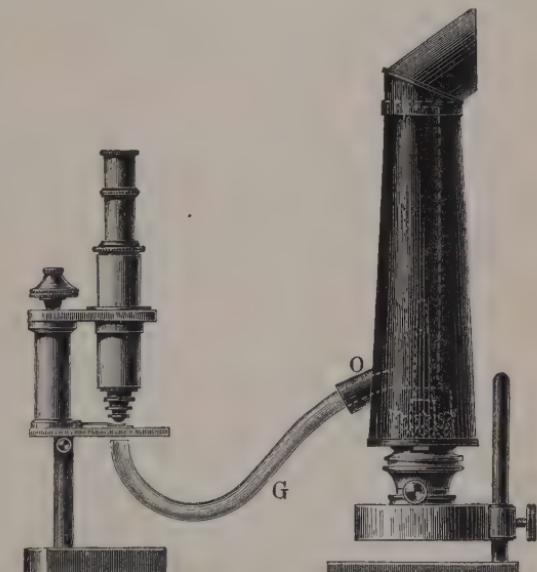
vermindern. Ebenso lässt sich durch Verschieben der Blenden nach einer Seite schiefre Beleuchtung erzielen (Figur 37, I), wie man sie in gleicher Weise durch Seitwärtsbewegung des Spiegels ohne Kondensor erhält¹. Endlich ist man nach der schon von HARTING (Das Mikroskop Bd. III S. 310) empfohlenen Methode durch Einschaltung kleiner, runder, undurchsichtiger Scheibchen in der Achse des Beleuchtungsapparates im Stande, die Mittelpartien des Beleuchtungskegels abzuschneiden und nur die Randstrahlen zur Wirkung kommen zu lassen (Figur 37, II)².

Hiermit wäre das Prinzip der Beleuchtungsvorrichtungen erörtert. Ueber die Beleuchtung mit Hilfe sogenannter Mikroskopirlampen können wir uns kurz fassen:

die Lampen sind werthlos. Wegen der Mangelhaftigkeit der bei ihnen verwendeten Hohlspiegel und Sammellinsen liefern sie überhaupt nicht die von ihren Erfindern beabsichtigten parallelen Strahlen; und wenn sie dieselben lieferten, so wäre damit, wie wir sahen, dem Mikroskopiker ohne Zuhilfenahme eines Kondensors wenig genützt. Eine kleine unter dem Objekte

angebrachte Sammellinse macht ihre Dienste völlig überflüssig.

Die in neuerer Zeit von KOCHS-WOLZ konstruierte Mikroskopirlampe (Figur 38), die sich des Petroleumlichtes als Lichtquelle bedient, leitet



38

¹⁾ Die von HARTING (Das Mikroskop Bd. III S. 320) vorgeschlagene Schrägstellung des ganzen Beleuchtungsapparates (Sammellinse mit Spiegel) ist hierbei völlig überflüssig.

²⁾ Letzteres lässt sich auch erreichen durch Schwärzung der Mitte der Beleuchtungslinse; doch ist diese Methode unbequem und veraltet. Ein Gleichtes gilt von verschiedenen anderen Methoden, über die sich genaue geschichtliche Angaben in dem vortrefflichen Lehrbuche von HARTING (Das Mikroskop. Braunschweig 1866, Vieweg) finden.

das Licht durch einen 1 cm dicken Glasstab G , welcher in eine Seitenöffnung O des die Flamme umgebenden Blechzylinders genau hineinpasst, in Folge von totaler Reflexion an den Seitenwänden dieses Glasstabes auf die Unterseite des Objektes. Man erhält auf diese Weise bunt durch einander schiessende Strahlen, die scheinbar von einer Lichtquelle ausgehen, welche an Grösse dem Querschnitt des Glasstabes gleichkommt. Für schwache Objektive liefert die Lampe Strahlenkegel von ausreichender Breite. Man darf aber nie vergessen, dass der lange Glasstab viel Licht absorbiert. Die Reflexion an den Wänden ist überdies keine vollkommene, so dass ein Theil der Strahlen vor dem Ende des Stabes austritt und für die Beleuchtung des Objektes verloren geht. Der Mikrophotograph möge daher seine ohnehin stark auf die Probe gestellte Geduld bei Versuchen mit derartigen Vorrichtungen nicht erschöpfen.

Ebenso werthlos für die Beleuchtung, wie der in der Nähe der Flamme angebrachte Hohlspiegel ist die theilweise Versilberung der Glaskugel bei elektrischen Glühlampen. Durch ein solches Verfahren werden Spiegel von durchaus unregelmässiger Gestalt hergestellt, die einen unberechenbaren Strahlengang erzeugen.

b. Einfluss der Breite des Beleuchtungskegels auf das Bild

Die Breite des einfallenden Lichtkegels übt einen grossen Einfluss auf die Beschaffenheit des Bildes aus. Je enger der beleuchtende Strahlenkegel genommen wird, je kleiner also die wirksame Apertur¹⁾ des Beleuchtungsapparates ist, um so schärfer erscheint das Bild in seinen Umrissen; denn bei Anwendung breiterer Kegel werden Strahlen von verschiedenem Grade der Neigung gegen die Achse des Mikroskops gleichzeitig wirksam, welche nicht völlig identische Bilder liefern. Das von einem Beleuchtungskegel mit grosser Öffnung erzeugte Bild ist das Resultat der Uebereinanderlagerung einer grossen Zahl verschiedenartiger Bilder, deren jedes einzelne herrührt von einem der kleineren, der Einfallsrichtung nach ungleichen Beleuchtungskegeln. Beleuchtet man daher ein Objekt mit sehr breiten Strahlenkegeln, so erscheint das Gesichtsfeld nebulig unklar; unter Umständen verschwindet das Bild sogar vollkommen. Für diese Regel gibt es eine Ausnahme,

¹⁾ Die Apertur des Beleuchtungsapparates leitet sich aus dem Öffnungswinkel in derselben Weise ab, wie wir dies für die Objektive auf Seite 47 (Abschnitt II) entwickelt haben.

diejenige nämlich, wo es sich um gefärbte Objekte handelt, deren Elemente sich nicht durch Differenzirung im Brechungsvermögen, sondern durch ungleiche Absorption des Lichtes gegen einander abgrenzen. In diesem Falle tritt, wofern nur das Objektiv für seine volle Apertur sorgfältig korrigirt ist, auch bei sehr breiten Beleuchtungskegeln kein Verwischen des Bildes ein. Das gleichzeitige Verschwinden der nicht absorbirenden Theile des Objektes (Schmutztheilchen und dergl.) ist dann kein Nachtheil, sondern ein Gewinn. Am auffälligsten tritt dies in Erscheinung bei Bakterienaufnahmen, wo die gefärbten Bakterien, besonders aber die ihnen anhängenden Geisseln, am besten abgebildet werden unter Anwendung von Objektiven und Beleuchtungsapparaten mit sehr hoher num. Apertur. Je grösser nämlich die nutzbare Apertur des Objektivs, um so schmäler erscheint der Durchmesser der zertesten Gebilde im Photogramm. Der scheinbare Durchmesser aller kleinsten isolirten Objekte ist für jede bestimmte num. Apertur einem kleinsten Werthe unterworfen, welcher durch die Gleichung $\frac{\lambda}{2\alpha}$ annähernd gegeben wird, wobei λ die Wellenlänge des verwendeten Lichtes und α die num. Apertur des Objektivs bezeichnet. Hieraus ergiebt sich beispielsweise, dass bei sonst gleichen Verhältnissen der Durchmesser der Geisselfäden im Bilde doppelt so breit erscheint, wenn die Aufnahme mit einer wirksamen Apertur von 0,7 geschieht, als wenn eine Apertur von 1,4 benutzt wird.

Bei Beleuchtung mit engen Einfallkegeln wird die Tiefenzeichnung der Objektive und die Ebenheit des Gesichtsfeldes wesentlich gehoben. Auch bei den besten Mikroskopobjektiven ist die Bildfläche stets merklich gewölbt, das Bild also in der Achse und ausserhalb derselben nicht gleichzeitig scharf. Je grösser der Oeffnungswinkel des beleuchtenden Strahlenkegels ist, um so schneller nimmt in dem auf eine ebene Fläche projizirten Bilde die Schärfe von der Mitte nach dem Rande hin ab. Bei der Okularbeobachtung fällt dies weniger auf, weil die Akkommodation des Auges und die Bewegung der Mikrometer-schraube einen Ausgleich zwischen den mittleren und peripheren Theilen des Gesichtsfeldes herbeiführt.

Bei zu engen Beleuchtungsbüscheln treten jedoch — vielleicht der häufigste Fehler auf Mikrophotogrammen — helle Diffraktions-säume auf, welche alle Linien im Bilde umgeben und die Deutlichkeit der Zeichnung sehr beeinträchtigen. Dieselben sind nach ABBE FRESNEL'sche Beugungerscheinungen der Strahlen an der Schatten-grenze der Objekte, und kommen um so stärker hervor, je kräftiger das Licht ist.

Gegen die Verwendung zu enger Beleuchtungskegel spricht ferner die hiermit Hand in Hand gehende geringe Helligkeit des Bildes, welche lange Belichtungen der Platten erfordern würde. Endlich können gewisse Dinge, wie die Zeichnung auf den Kieselchen der Diatomeen, nur durch Beleuchtungskegel abgebildet werden, deren Oeffnung nicht unter eine bestimmte Grenze sinkt.

Hieraus geht hervor, dass für jeden einzelnen Fall genau erwogen werden muss, welche Oeffnung des Beleuchtungskegels das vollkommenste Bild liefert. Bei Aufnahmen von gefärbten Bakterienpräparaten wird man mit möglichst grosser Apertur arbeiten¹⁾; im Uebrigen erweist sich sowohl für die Okular-Beobachtung, wie ganz besonders für die Photographie ein Beleuchtungskegel als vortheilhaft, der in der Apertur ungefähr ein Drittel von der Apertur des jeweils benutzten Objektivs ausmacht, der also auch ein Drittel von der freien Oeffnung des Objektivs mit Licht erfüllt.

Sieht man nach Herausnahme des Okulars in den Tubus hinein (wobei eine auf den Tubus gelegte enge Blende zur Fixirung des Auges dienen kann), so lässt sich ohne Weiteres leicht beobachten, welcher Theil der freien Objektivöffnung mit Licht erfüllt ist. Nach obiger Regel dürfte also nur das mittlere Drittel dieser freien Oeffnung hell erscheinen, während eine breite Randzone dunkel bleibt. Dies Verhältnis lässt sich auch ohne Herausnahme des Okulars dadurch kontrolliren, dass man eine Lupe auf den kleinen hellen Kreis im Augenpunkte des Okulars einstellt.

c. Entwicklung der Beleuchtungsapparate

Mit der Entwicklung der Objektive musste diejenige der Beleuchtungsapparate Hand in Hand gehen. Um die hohe num. Apertur der Oel-Immersionen auszunutzen, bedurfte es Kondensoren von hoher Apertur. Der Planspiegel liefert, wie wir sahen, die schmalsten Beleuchtungskegel, welche nur für ganz schwache Objektive ausreichen. Mit den Hohlspiegeln kommt man schon erheblich weiter. Bei ungefärbten und vielen gefärbten Objekten kann man denselben für mittelstarke Objektive ohne Schaden verwenden. Dass hierbei natürlich auch die Ausdehnung der Lichtquelle von wesentlichem Einfluss

¹⁾ Verwendet man vorzüglich korrigierte Apochromate, so kann man nach FRAENKEL u. PFEIFFER (Atlas der Bakterienkunde S. 24) auch bei Aufnahme ungefärbter Bakterienpräparate mit breiten Lichtkegeln beleuchten.

ist, brauchen wir nach obigen Erörterungen nicht noch einmal ausdrücklich zu betonen. Bei Immersionen kommt man ohne die Konvexlinse nicht aus. Jedoch auch schon vor Einführung dieser Systeme bürgerete sich der Kondensor ein. Freilich kannte man damals noch nicht den Zusammenhang zwischen beleuchtendem und abbildendem Strahlenkegel; vielmehr gab lediglich der Umstand, dass ein mit Hilfe eines Brennglases (d. h. einer Sammellinse) beleuchteter Körper heller erscheint, als ein von den Strahlen der Lichtquelle direkt getroffener, Veranlassung zur Anwendung der Kondensoren.

Schon die Mikroskope von BONANNUS¹ hatten einen aus zwei Konvexlinsen bestehenden Beleuchtungsapparat. HARTSOECKER² traf die Einrichtung derart, dass die Beleuchtungslinse mit Hilfe einer Schraube dem Objekte nach Belieben genähert werden konnte.

Um die sphärische und chromatische Aberration zu vermindern, verwendete WOLLASTON³ eine plankonvexe Beleuchtungslinse, deren plane Fläche dem Objekte zugekehrt ist. In derselben Absicht ersetzte BREWSTER⁴ die plankonvexe Linse durch eine Verbindung von 4 achromatischen Linsen, deren 2 bikonvex und 2 konkav-konvex waren. Der im Jahre 1838⁵ von DUJARDIN beschriebene Beleuchtungsapparat stützt sich der Hauptsache nach auf das BREWSTER'sche Prinzip. Er enthält 2 oder 3 achromatische, plankonvexe Doppellinsen, deren ebene Flächen nach aufwärts sehen. Die Entfernung derselben vom Objekttische lässt sich verändern, damit der Brennpunkt genau in das Objekt zu verlegen ist. Ein derartiger Kondensor liefert bereits Beleuchtungskegel von beträchtlicher Breite. AMICI und die englischen Mikroskopverfertiger folgten dem Beispiele DUJARDIN's und verbesserten den Beleuchtungsapparat durch einige nicht unwesentliche Neuerungen. Der Engländer Ross bewirkte die Auf- und Abwärtsbewegung des Kondensors durch Zahn und Trieb; ferner brachte er mehrere Schrauben an, welche dazu dienen, die Achse des Beleuchtungsapparates mit der Achse des Mikroskops zusammenfallend zu machen, eine Sache, die für die Erzeugung eines tadellosen Bildes von Bedeutung ist.

Die Engländer führten die Beleuchtung des Objektes mit gewöhnlichen Mikroskop-Objektiven ein, was man in Deutschland vielfach Geheimrath R. KOCH zuschreibt. Sie stellten als Regel auf, dass dasjenige Objektiv in den Beleuchtungsapparat kommt, welches dem zur Beob-

¹⁾ BONANNUS, PH., *Micrographia curiosa*. 1691.

²⁾ HARTSOECKER, *Essay de Dioptrique*. Paris 1694.

³⁾ WOLLASTON, *Philosophical Transactions* 1829.

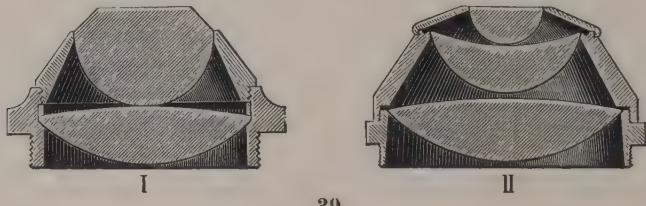
⁴⁾ BREWSTER, *Treatise on the Microscope* 1837.

⁵⁾ L'Institut no. 247 S. 307.

achtung verwendeten in der Stärke (Grösse des Oeffnungswinkels) vorangeht. Ueberdies wurde von ihnen den guten Mikroskopen zur Beleuchtung ein System von drei achromatischen Doppellinsen beigegeben. Für die stärksten Objektive hatte man das gesammte System zu nehmen, zu den Objektiven von mittlerer Stärke nur zwei der Doppellinsen und bei den schwächeren Vergrösserungen eine einzige. POWELL und LEALAND lieferten schon 1859 einen achromatischen Kondensor mit 170° Oeffnung, der also auf Luft bezogen eine num. Apertur von beinahe 1 besass.

Ein wesentlicher Bestandtheil dieser Beleuchtungsapparate ist die Blende, deren Bedeutung für die Beschaffenheit des Bildes man in früherer Zeit erkannt hatte. Die mit Blendenöffnungen von verschiedener Grösse versehene drehbare Scheibe oder verschiebbare Platte gestattet eine gute Abstufung in der Breite der Beleuchtungskegel.

Es würde zu weit führen, alle Kondensoren zu beschreiben, welche in neuerer Zeit konstruirt wurden, um mit den gewaltigen Ver-



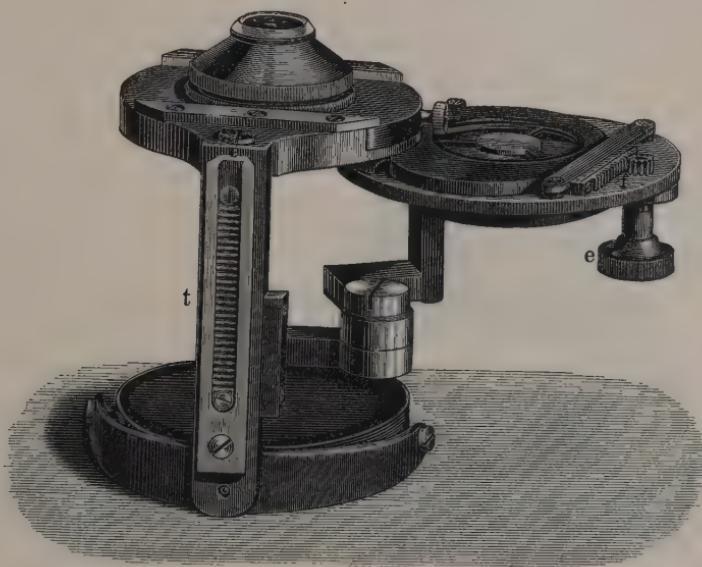
39

besserungen der Objektive gleichen Schritt zu halten. ZEISS, welcher in Verbindung mit ABBE durch die Einführung homogener Immersionen von sehr hoher Apertur sich die grössten Verdienste um unsere Wissenschaft erworben hat, stellte in dem ABBE'schen Beleuchtungsapparat (Figur 39 und 40) ein Instrument her, welches einerseits die volle Ausnutzung auch der Apertur von 1,40 ermöglicht, andererseits in bequemster Weise Einengung des Beleuchtungskegels auf jede beliebige Grösse und Verwendung von schiefem Licht gestattet. Ueberdies unterscheidet sich derselbe durch seine handliche Form in vortheilhaftester Weise von den Kanonenrohr ähnlichen Kondensoren der englischen Optiker.

Der zweitheilige ABBE'sche Kondensor (Figur 39, I) hat eine Apertur von 1,20, der dreitheilige (Figur 39, II) eine solche von 1,40. Selbstverständlich kommen die Aperturen, welche gleich 1 oder grösser als 1 sind, nur dann zur Geltung, wenn man die Frontlinse des Kondensors und die Unterseite des Objekträgers durch einen Wasser- oder Oeltröpfen verbindet. Befindet sich eine wenn auch noch so dünne Luftsicht zwischen Kondensor und Objekt, so wird der Theil des Strahlen-

büsches, dessen Apertur gleich 1 oder grösser als 1 ist, durch Totalreflexion abgeblendet, und es tritt nur der Theil in Wirksamkeit, welcher kleiner als 1 ist.

Figur 40 zeigt den ganzen ABBE'schen Beleuchtungsapparat, d. h. die Kondensorlinsen in Verbindung mit Blendenträgern und Spiegel. Mit Hilfe der mit Zahnstange versehenen Führung *t* lässt sich der Apparat dem Objekte beliebig nähern oder von ihm entfernen. Die Blenden sind durch Zahn und Trieb *e f* seitwärts verschiebbar, damit



40

man dem Lichtkegel in bequemer Weise verschiedene Einfallsrichtung geben kann.

Für das Objektivsystem mit 1,60 num. Apertur konstruierte ZEISS einen eigenen Kondensor mit gleich hoher Apertur. Letztere wird dadurch erreicht, dass die Frontlinse aus einem Flintglas vom Brechungsindex 1,72 besteht. Frontlinse und Unterseite des aus demselben Flint gearbeiteten Objektträgers werden durch Monobromnaphtalin verbunden. Jede weitere Steigerung der Objektiv-Apertur zieht eine solche auch für die Apertur des Beleuchtungssystems nach sich.

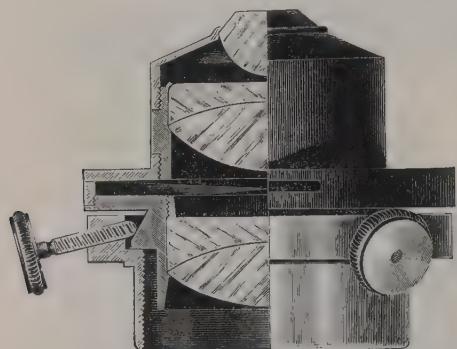
Speciell für die Bedürfnisse des Mikrophotographen fertigte ZEISS nach den Berechnungen von ABBE und den praktischen Winken von Geheimrath Koch einen Kondensor, der in nicht un wesentlichen Punkten

von dem gewöhnlichen ABBE'schen Beleuchtungsapparat abweicht¹⁾. Während letzterer nämlich nicht achromatisch ist, wurde bei dem neuen Kondensor (Figur 41), welcher eine num. Apertur von 1,0 hat, auf sorgfältige Korrektion der sphärischen und chromatischen Abweichung Gewicht gelegt. Hierdurch wird nämlich erreicht, dass auch das durch den Kondensor bei voller Oeffnung desselben in die Objektebene verlegte Bild kleiner Lichtquellen, wie beispielsweise der Sonne, scharfe Umrisse hat. Wenn man bei Verwendung von direktem Sonnenlicht den Beleuchtungs-Apparat so stellt, dass sich die Strahlen in der Objektebene schneiden, so versagt der nicht achromatische Kondensor bei voller Oeffnung den Dienst wegen starker Zerstreuung der von einer so kleinen Lichtfläche ausgehenden Strahlen durch die sphärische Ab-

weichung der Linsen; das Sonnenbildchen fällt zum Nachtheil für das mikroskopische Bild völlig unscharf aus und die Beleuchtung des Objektes ist nicht gleichmässig. Bei Anwendung einer genügend ausgedehnten Lichtquelle, z. B. des Wolkenhimmels, ermöglicht auch der nicht achromatische Kondensor eine gleichmässige Beleuchtung, weil Strahlen von sehr verschiedenen Punkten

einer solchen Lichtquelle in jedem Punkte des Objektes zusammenwirken können.

Bei der Konstruktion dieses achromatischen Kondensors wurde ferner darauf Bedacht genommen, dass das in die Objektebene projizierte Sonnenbildchen das Gesichtsfeld eines starken Objektivsystems eben ausfüllt; denn schon bei der gewöhnlichen Okular-Beobachtung, noch mehr aber beim Photographiren, zeigt es sich, dass die Deutlichkeit des Bildes dann am grössten ist, wenn nur der abzubildende Theil des Präparates von Licht getroffen wird. Begründet ist diese Thatsache darin, dass, wenn auch Licht ausserhalb des Gesichtsfeldes auf das Präparat gelangt, theils durch Reflexion am Deckgläschen, theils durch Ablenkung innerhalb des Präparates unregelmässig durch das Gesichtsfeld schiessende Strahlen erzeugt werden, welche auf die Schärfe des



41

¹⁾ ZEISS, Special-Katalog 1888 S. 12 u. 16.

Bildes in ähnlicher Weise störend einwirken, wie die Randstrahlen bei Anwendung zu breiter Beleuchtungskegel. Ferner werden Reflexe an den Linsenfassungen und im Tubus dadurch am besten vermieden, dass man nur das aufzunehmende Gesichtsfeld erhellt.

Um genaue Centrirung des Kondensors zu ermöglichen, bringt ZEISS ein besonderes centrirbares Zwischenstück an. An Stelle der scheibenförmigen Blenden ist die Irisblende (Figur 42) gesetzt, welche jede beliebige Oeffnung des Kondensors von 0,1 bis 1,0 num. Apertur gestattet. Die hohe Bedeutung der bei astronomischen Instrumenten schon längst gebräuchlichen, in neuerer Zeit bei Beleuchtungsapparaten jeglicher Konstruktion angewendeten Irisblende lernt der Mikroskopiker bald schätzen. Während früher eine grosse Anzahl scheibenförmiger Blenden nöthig war, um in jedem Falle die richtige Breite des einfallenden Lichtkegels herbeizuführen, lassen sich bei der Irisblende durch leichte Drehung die feinsten Abstufungen zu Wege bringen. An einem alten Mikroskop von DOLLOND¹ befindet sich übrigens

schon eine Blende, welche in ganz entsprechender Weise wie die Irisblende verstellbare Oeffnung besitzt.

Auf Anregung von Prof. ROLLETT in Graz konstruierte ZEISS auch einen centrirbaren, achromatischen Kondensor mit grossem Fokalabstand, welcher bei Anwendung des direkten Kühlers nach ZOTH (s. S. 85) zu benutzen ist. Der obere Brennpunkt liegt so weit über der letzten Linsenfläche, dass auch bei Einschaltung des ZOTH'schen Kühlers zwischen Kondensor und Präparat das Bild der Lichtquelle in das Präparat projizirt und eine Weite der Beleuchtung bis zur Apertur 1,0 erzielt werden kann.

d. Geschichtliches über die Beleuchtung der Objekte bei mikrophotographischen Aufnahmen

An der Hand obiger Auseinandersetzungen über die bei Beleuchtung mikroskopischer Präparate geltenden Grundsätze und über die Wirkung von Spiegel, Beleuchtungslinsen und Blenden wollen wir ver-



42

¹⁾ HARTING, Das Mikroskop Bd. III S. 317.

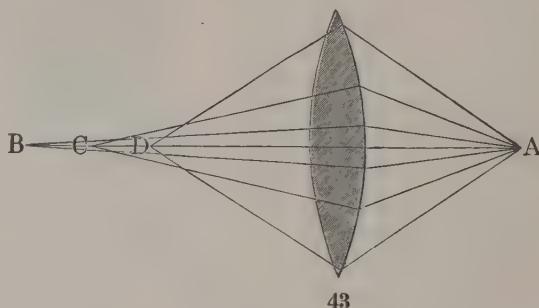
suchen, die von den verschiedenen Autoren bei ihren mikrophotographischen Arbeiten eingeschlagenen Wege zu verfolgen.

In den Schriften über Mikrophotographie spielt bis in die neueste Zeit hinein, auch nachdem die Lehrbücher von DIPPEL längst erschienen waren, aus denen die Autoren hätten Belehrung schöpfen können, die Beleuchtung der Objekte mit zerstreutem und konzentrirtem Licht, mit parallelen, konvergirenden und divergirenden Strahlen eine Hauptrolle. Um sich und Andere von der Richtigkeit ihrer Theorien zu überzeugen, unterlassen es die Autoren nicht, durch Zeichnungen den von ihnen gewünschten Strahlengang zu veranschaulichen. Ganz abgesehen nun davon, dass hierbei in nicht seltenen Fällen den einfachsten Gesetzen der Brechung und Reflexion geradezu Hohn gesprochen wird, entspringen die Irrthümer vorwiegend folgenden Fehlerquellen: Erstens wird die sphärische Abweichung ausser Acht gelassen, welche bewirkt, dass die von einem Punkte *A* (Figur 43) ausgehenden, eine sphärische Linse unter verschiedenen

Einfallswinkeln treffenden Strahlen sich nicht in einem, sondern in verschiedenen Punkten *B*, *C*, *D* schneiden. Besteht sich die Licht-

quelle im Brennpunkte der Linse, so tritt nur ein Theil der Strahlen parallel aus, während ein anderer Theil divergiert oder konvergiert. Ferner ist die Vorstellung sehr verbreitet, dass die von einer fern gelegenen Lichtquelle, z. B. einer weissen Wolke, herrührenden Strahlen parallel einfallen. Das ist grundfalsch; je grössere Ausdehnung die Lichtquelle hat, um so breiter ist der einfallende Strahlenkegel. Auch die direkten Sonnenstrahlen sind nicht parallel, sondern schliessen einen Winkel von $1/4^{\circ}$ ein.

Endlich erzeugt eine von sphärischer und chromatischer Abweichung völlig freie Linse von der in ihrem Brennpunkte aufgestellten Lichtquelle nur unter der Voraussetzung rein parallele Strahlen, dass die Lichtquelle verschwindend klein (ein mathematischer Punkt) ist. Hat die Lichtquelle, wie in Wirklichkeit unter allen Umständen, auch nur einige Ausdehnung, so sind neben den parallelen auch stets divergirende und konvergirende Strahlen vorhanden. Wie häufig begegnen



wir der Behauptung, dass die Strahlen der im Brennpunkte einer Linse aufgestellten Gas- oder Petroleumflamme durch die Linse parallel gemacht werden!

An den in erster Zeit zu mikrophotographischen Aufnahmen verwendeten Sonnenmikroskopen war „zur Konzentration der Strahlen“ ein Kondensor angebracht. Man erhielt also mit denselben von Diffraktionssäumen freie Bilder, was anders bei Verwendung von direktem Sonnenlicht nicht möglich gewesen wäre.

GERLACH¹⁾ glaubt bei mikrophotographischen Arbeiten mit „konzentrierten parallelen“ Strahlen die besten Resultate zu erhalten. Er will dieselben dadurch erzeugen, dass er eine Sammellinse von 2,5 cm Brennweite mit einem Hohlspiegel von 4,5 cm Brennweite derart verbindet, dass das vom Hohlspiegel entworfene Bild der Lichtquelle sich im Brennpunkte der Sammellinse befindet. Um dies zu erreichen, soll der Abstand der Linse vom Spiegel $4,5 + 2,5 = 7,0$ cm betragen.

Als gutem Beobachter konnte es GERLACH nicht entgehen, dass man ein kräftigeres Licht erhält, wenn man nur Sammellinse oder Hohlspiegel verwendet und die Entfernung derselben vom Objekte so regelt, dass sich die Strahlen im Objekte schneiden; doch meint er, die Zeichnung in der Aufnahme sei nicht so scharf, als bei Anwendung seiner konzentrierten parallelen Strahlen. Wahrscheinlich war in ersterem Falle die Öffnung des beleuchtenden Lichtkegels für seine schwachen Objektive zu gross. Ihm ist der Einfluss der Blenden wohl bekannt; er wählt dieselben sehr klein, 0,4 bis 0,6 mm im Durchmesser. Da sich die Blenden jedoch unmittelbar unter dem Objekte befanden, so konnten sie bei den ohnehin sehr schmalen Beleuchtungskegeln kaum einen anderen Einfluss ausüben, als die Strahlen von den ausserhalb des aufzunehmenden Gesichtsfeldes liegenden Theilen des Präparates abhalten. Die dem GERLACH'schen Werke beigegebenen Photogramme zeigen keine Diffraktionssäume. Die Breite des Beleuchtungskegels war also trotz der angeblich parallelen Strahlen für die schwachen Objektive ausreichend.

MOITESSIER in Paris, welcher sein „Lehrbuch der Mikrophotographie“ im Jahre 1866 herausgab, verwendete zur Beleuchtung einen DUJARDIN-schen Kondensor oder 2 Sammellinsen: eine grössere mit einem Durchmesser von 5 bis 6 cm und einer Brennweite von 25 bis 30 cm und eine kleine, plankonvexe mit kurzer Brennweite. Erstere erhält das von einem grossen Silberspiegel reflektierte Sonnenlicht; letztere soll je nach ihrem Abstande von der grossen Linse parallele, konvergente

¹⁾ GERLACH, a. a. O. S. 21.

oder divergente Strahlen auf das Objekt leiten. MOITESSIER war ein grösserer Praktiker, als Theoretiker. Trotz seiner irrigen Vorstellungen über den Gang der Strahlen weiss er recht gut, wie man die Sache anzufangen hat. Er ist der Erste, welcher es mit klaren Worten ausspricht, dass man in der Mikrophotographie die brauchbarsten Resultate erreicht, wenn man das Bild der Lichtquelle mit Hilfe des DUJARDIN'schen Kondensors in das aufzunehmende Objekt verlegt¹. Auf Seite 47 lesen wir: „Es ist nothwendig, dass das Bild der Lichtquelle genau mit dem Objekt zusammenfällt“. Dann giebt er Vorschriften, wie z. B. bei Verwendung einer weissen Wolke als Lichtquelle zu verfahren ist: Man richte den Planspiegel des Mikroskops auf einen sehr entfernten Gegenstand, etwa auf ein Haus, und stelle den Kondensor so, dass das Bild des Hauses scharf im Mikroskop erscheint. Hierauf wird der Spiegel der weissen Wolke zugewendet. Benutzt man als Lichtquelle einen von der Sonne beschienenen weissen Schirm, so soll in der Mitte desselben ein mit grossen Buchstaben bedrucktes Blatt Papier angebracht und der Kondensor so gestellt werden, dass man die Buchstaben im Mikroskop erkennt. Es sei nothwendig, den Kondensor für jedes neue Präparat von Neuem einzustellen, weil bei der verschiedenen Dicke der Objektträger die verschiedenen Präparate sich nicht immer genau in derselben Ebene befinden. Auch bei Verwendung von Sonnenlicht und Beleuchtung des Objektes mit zwei Sammellinsen sei diejenige Stellung der Linsen die vortheilhafteste, wo das durch dieselben erzeugte Sonnenbildchen genau mit dem abzubildenden Objekte zusammenfällt (MOITESSIER S. 61). Natürlich müsse das Bild der Lichtquelle in jedem Falle das aufzunehmende Gesichtsfeld ganz ausfüllen. Kommt es nicht auf grösste Lichtstärke an, so könne man durch die Sammellinse auf matter Glasscheibe einen hellen Kreis von 6 bis 8 mm Durchmesser entwerfen; dieser Kreis dient dann als Lichtquelle und wird durch den Kondensor in die Objektebene projizirt. Die matte Scheibe ist mit Ausschluss des zu erleuchtenden Kreises mit schwarzem Papier zu bekleben, damit man mittels eines um zwei Achsen drehbaren Silberspiegels das Sonnenlicht leicht fortdauernd auf denselben Abschnitt der Scheibe leiten kann (MOITESSIER S. 65).

Wir haben die Ausführungen MOITESSIER's ausführlich wiedergegeben, um zu zeigen, dass demselben die Grundsätze, welche heute bei der Beleuchtung mikroskopischer Präparate massgebend sind, be-

1) BREWSTER (Treatise on the Microscope S. 135. 1837) hatte diese Art der Beleuchtung für die mikroskopische Beobachtung als die geeignetste erklärt.

kannt waren. In völliger Unkenntnis aller geschichtlichen Thatsachen bezeichnen heutigen Tags die Meisten Geheimrath KOCH als denjenigen, welcher bei mikrophotographischen Arbeiten zuerst die Verlegung der Lichtquelle in das Objekt vorschlug und das hierbei zu übende Verfahren beschrieb. Es bedarf keines Wortes darüber, dass KOCH selbst die Priorität der Einführung der im Obigen beschriebenen Beleuchtungsweise für sich niemals in Anspruch nahm.

Bedauerlich ist, dass MOITESSIER in Deutschland so wenig Anerkennung seiner Verdienste fand. Die ihm gebührenden Lorbeeren erntete BENECKE, welcher das MOITESSIER'sche Werk nicht ohne Fehler übersetzt, durch nicht immer zutreffende Bemerkungen erweitert und durch unglaublich unpraktische Erfindungen bereichert hat. Man spricht heute beispielsweise von der stereoskopischen Wippe nach BENECKE; und doch ist das einzige Verdienst BENECKE's um dieselbe, dass er die französische Beschreibung des Instrumentes ins Deutsche übertrug. So ging es in tausend anderen Dingen.

Um ein möglichst scharfes Sonnenbildchen in die Objektebene zu projizieren, will MOITESSIER für den Beleuchtungsapparat nur solche Linsen verwendet wissen, welche frei von sphärischer und chromatischer Abweichung sind¹. Unterhalb des DÜJARDIN'schen Kondensors müsse sich eine Drehscheibe mit Blendungsöffnungen von verschiedener Weite befinden.

Da bei Verwendung ganz schwacher Objektive das Sonnenbildchen immer nur einen kleinen Theil des Gesichtsfeldes erleuchten würde, so entfernt MOITESSIER hierbei den Kondensor ganz und stellt eine grosse Sammellinse von 30 cm Brennweite derart auf, dass die Spitze des beleuchtenden Lichtkegels im Objektiv liegt, dass also das scharfe Bild der Lichtquelle in die Mitte des Objektivs fällt. Dann erscheint das ganze Gesichtsfeld gleichmässig hell erleuchtet.

Schiefe Beleuchtung erzielt MOITESSIER unter Anderem auch durch Anwendung scheibenförmiger Blenden, welche den centralen Theil des

¹) Die diesbezügliche Stelle des MOITESSIER'schen Werkes (S. 67) übersetzt BENECKE völlig ungenau, indem er schreibt (S. 28): „Die Linsen des Beleuchtungsapparates müssen möglichst vollkommen achromatisch und namentlich aplanatisch sein, da diese Eigenschaften für die Schärfe des photographischen Bildes sehr vortheilhaft sind“. MOITESSIER sagt dagegen: „Der ganze Beleuchtungsapparat muss achromatisch und besonders aplanatisch sein. Auf letztere Bedingung kommt es hauptsächlich an; von ihrer Erfüllung hängt die Schärfe des kleinen Sonnenbildchens ab, welche von grossem Einfluss auf das Endresultat ist“. Das ist genau der heute als geltig angenommene Satz: „Je schärfer das Bild der Lichtquelle im Objekt, um so schärfer das Photogramm“. Aus den BENECKE'schen Worten ist dies keineswegs ohne Weiteres zu folgern.

Kondensors verdecken und nur durch seine Randtheile Licht hindurchtreten lassen. Durch Vergrösserung des centralen, undurchsichtigen Theiles der Blendung könne man die Schiefheit des Lichtes vermehren. Mitunter sei es zweckmässig, eine Scheibe mit drei kleinen, mehr oder weniger excentrischen Löchern, welche nur drei feinen, schießen Lichtbündeln den Durchtritt gestatten, oder eine halbe Blendungsscheibe anzuwenden. Derartige, aus dünnem Blech oder dünner Pappe ausgeschnittene Blenden werden unterhalb des DUJARDIN'schen Kondensors in die weiteste Oeffnung der Drehscheibe eingesetzt, damit man dieselben durch Bewegung der Drehscheibe mehr oder weniger aus der Achse des Mikroskopos entfernen kann (MOTTESSIER S. 78).

Das ist genau die Methode, nach der man jetzt mit Hilfe des ABBE'schen Beleuchtungsapparates und seiner Zuthaten den Gang der Lichtstrahlen regelt.

Wenn man das MOTTESSIER'sche Werk aus der Hand legt und sich in das zwei Jahre später erschienene Lehrbuch von REICHARDT und STÜRENBURG vertieft, so überschleicht das Gefühl, als gelange man aus dem Paradies in die Wüste. Nach REICHARDT und STÜRENBURG (S. 30) sollen die verschiedenen Spiegelstellungen hauptsächlich nur auf das Auge wirken und auch bei geradem Lichte soll auf der Photographie schon Alles wiedergegeben werden. Eine Kondensorlinse von kleinem Durchmesser wirke nur als Blende; man könne daher mit Hinsicht auf die grössere Schärfe des Bildes mit einer Blende ganz dasselbe erreichen u. s. w.

FRITSCH¹ macht auf die hohe Bedeutung der genauen Centrirung aller Bestandtheile des Beleuchtungsapparates aufmerksam; er weist darauf hin, dass zu enge Lichtkegel Diffraktionserscheinungen verursachen. Zur Beleuchtung verwendet er die ursprünglich dem Mikroskop beigegebene Linse, welche auf einem langen Arm angebracht wird, um die Möglichkeit bedeutender Verschiebung zu geben.

R. KOCH² beleuchtet mit den Objektiv-Systemen No. II und IV von HARTNACK. Dass er hierdurch, wie Manche glauben, zuerst die Möglichkeit der Ausnutzung grösserer Objektiv-Aperturen gegeben habe, ist entschieden irrig; denn erstens ist die Beleuchtung durch Objektiv-Systeme aus England zu uns gekommen; ferner benutzten die Engländer schon lange vor KOCH Kondensoren mit num. Apertur von beinahe 1,0; endlich hat der von MOTTESSIER verwendete DUJARDIN'sche Kondensor eine Apertur von 0,5 bis 0,6, also eine höhere, als die

¹⁾ „Licht“, Zeitschrift für Photographie (Berlin) 1869 S. 190.

²⁾ COHN, Beiträge zur Biologie der Pflanzen Bd. II S. 399, 1877.

alten HARTNACK'schen Systeme No. IV. Dagegen ist es das unbestrittene und nicht hoch genug zu veranschlagende Verdienst von KOCH, den Vortheil breiter Beleuchtungskegel bei Aufnahme gefärbter Bakterien durch vorzügliche Photogramme aufs Schlagendste bewiesen zu haben.

KOCH sagt (a. a. O. S. 410): „Vor dem Gebrauche habe ich jedesmal nach Entfernung der matten Gläser und Einschaltung sehr dunkeler Kobaltgläser das von dem Beleuchtungsobjektiv entworfene Sonnenbildchen genau auf die Mitte des Objektes und auf die Ebene desselben eingestellt. Sobald dann nach Einschaltung einer matten Scheibe der Sonnenstrahl zerstreut wird, tritt der beste Beleuchtungseffekt ein“. Es ist klar, dass bei diesem Verfahren während der Aufnahme ein scharfes Bild der Lichtquelle (in diesem Falle der durch Sonnenlicht erleuchteten matten Scheibe) sich nicht in der Objektebene befinden kann. Denn wenn der Kondensor die aus der Unendlichkeit kommenden Sonnenstrahlen in der Objektebene zu einem scharfen Bilde vereinigt, so thut er bei unveränderter Stellung dies nicht mit den Strahlen, welche von der in grosser Nähe aufgestellten matten Scheibe ausgehen.

Dann verfuhr KOCH auch nach folgender Methode, welche besonders in den Fällen Werth besitzt, wo wegen zu dicker Objektträger das Präparat nicht ohne Weiteres in den Brennpunkt des Kondensors zu bringen ist, oder das durch den Beleuchtungsapparat entworfene Sonnenbildchen das Gesichtsfeld des jeweils benutzten Objektivs nicht ausfüllt. Mit Hilfe einer Sammellinse von grosser Brennweite entwarf er ein Sonnenbildchen in Nähe des Kondensors, genau in der optischen Achse desselben, welches nunmehr als Lichtquelle dienend durch den Kondensor in die Objektebene projizirt wird. Um hierbei die richtige Stellung des Kondensors und der Sammellinse zu ermitteln, ist folgender Weg der einfachste: Man pflanzt etwa 10 cm vom Kondensor entfernt eine matte Scheibe auf und richtet den Beleuchtungsapparat derart, dass das Korn der Scheibe im Mikroskop sichtbar wird. Hierauf begrenzt man mit dem Bleistift denjenigen Abschnitt der Scheibe, welcher in der Objektebene erscheint, bringt in unmittelbare Nähe der Scheibe eine Blende, deren Öffnung der Grösse des gezeichneten Bleistiftkreises entspricht und entwirft mittels der Sammellinse ein scharfes Sonnenbildchen auf die so markirte Stelle der Scheibe. Nach Fortnahme der matten Scheibe wird das nunmehr frei in der Luft schwebende Sonnenbildchen durch den Kondensor in die Objektebene projizirt. Die Aufstellung der Blende gewährt den Vortheil, die durch Unregelmässigkeiten im Gange des Heliostaten herbeigeführten Abweichungen leicht verbessern zu können. Das durch die Sammellinse entworfene Sonnenbildchen wird vom Kondensor vergrössert wieder-

gegeben, wenn dasselbe zwischen einfacher und doppelter Brennweite des Kondensors liegt.

Nach JESERICH¹ kann die Beleuchtung mit Linsen sogar eine vierfache sein: „Entweder das Licht fällt auf das Objekt in parallelen Strahlen, oder die Strahlen divergiren, oder sie konvergiren, oder endlich das Objekt befindet sich im Kreuzungspunkte (Brennpunkte) der Strahlen“. Als ob der letzte Fall etwas Anderes wäre, als Beleuchtung mit konvergirenden Strahlen! Die Beleuchtungsweise mit parallelem, konvergentem und divergentem Lichte soll vorwiegend bei mittleren und schwächeren Vergrösserungen zur Anwendung gelangen (JESERICH S. 55). Der Autor sagt (S. 56): „Die Randstrahlen, welche zu Diffraktionserscheinungen und Unschärfen Anlass geben könnten, beseitigt man durch Einschaltung passender Blenden“. Nun, höchstens das Fehlen der Randstrahlen könnte zu Diffraktionserscheinungen Anlass geben. Auf Seite 63 lesen wir: „Da nun aber die vom Objektiv des Mikroskopes ausgehenden und das Bild auf der matten Scheibe zeichnenden Strahlen eine sehr starke Divergenz haben, so müssten die in dasselbe im Brennpunkte eintretenden Strahlen, die von der unter dem Objekt befindlichen Linse konvergent gemacht sind, wenn durchaus jede Diffraktionserscheinung vermieden werden soll, eine der Divergenz der eintretenden Strahlen genau entsprechende Konvergenz haben“. Also: die konvergent gemachten, in den Brennpunkt des Objektivs eintretenden Strahlen müssen eine der Divergenz der eintretenden Strahlen genau entsprechende Konvergenz haben! JESERICH behauptet ferner: „Wollten wir also dieser theoretisch vorgeschriebenen Forderung vollständig genügen, so müssten wir für jedes Objektiv ein entsprechendes Beleuchtungssystem dem Apparate einschalten. Es wäre diese Anordnung eine höchst kostspielige“. Der in Bezug auf seinen Geldbeutel geängstigte Mikrophotograph möge sich beruhigen. Denn wenn vielleicht JESERICH in dem oben angeführten mysteriösen Satze ausdrücken wollte, dass — was völlig irrig ist — zur Vermeidung von Diffraktionserscheinungen die Apertur des Kondensors genau die gleiche sein muss wie diejenige des Objektivs, so besitzen wir in den billigen Blenden ein vortreffliches Mittel zur Regulirung der Apertur des Beleuchtungsapparates.

Nachdem uns JESERICH mitgetheilt hat, dass er sich zur Beleuchtung einer grossen Sammellinse und zweier unmittelbar hinter einander liegender bikonvexer Linsen von kurzer Brennweite „mit sehr gutem Erfolge“ bediene, erfahren wir, dass neben diesen einfachen Beleuch-

¹⁾ JESERICH, Die Mikrophotographie S. 53, 1888.

tungsanordnungen in letzter Zeit „ganz vorzügliche Beleuchtungsapparate konstruiert wurden, die allerdings einen ziemlich hohen Preis haben. Dieselben ersetzen durchweg die beiden kombinirten Linsen, welche sich unmittelbar unter dem Tische des Mikroskopes befinden“. Aus der Konstruktion des letzten Satzes ist nicht ohne Weiteres zu ersehen, ob die beiden kombinirten Linsen durch die ganz vorzüglichen Beleuchtungsapparate oder die ganz vorzüglichen Beleuchtungsapparate durch die beiden kombinirten Linsen durchweg ersetzt werden. Letzteres möchten wir bezweifeln.

Leider hat uns JESERICH seine „sehr guten Erfolge“ vorenthalten: denn die dem Buche beigegebenen Mikrophotogramme gehören, soweit es sich um starke Vergrösserungen handelt, zu den kläglichsten Erzeugnissen dieser Gattung.

Es muss als besonders glücklicher Zufall begrüßt werden, dass unmittelbar nach dem Erscheinen des JESERICH'schen Buches der „Special-Katalog über Apparate für Mikrophotographie“ von ZEISS ausgegeben wurde, wo in geradezu klassischer Weise das überaus schwierige Gebiet der Beleuchtung abgehandelt ist. Für den ganz schwachen Apochromat von 75 mm Brennweite empfiehlt ZEISS — was schon MOTTESIER für schwache Objektive vorgeschlagen hatte — die Verlegung der Lichtquelle nicht in die Objekt ebene, sondern in die Mitte des Objektivs.

e. Die heute angewendeten Verfahren bei Beleuchtung der Objekte

In Folgendem soll kurz auseinander gesetzt werden, wie man nach den jetzt allgemein als richtig anerkannten Grundsätzen das Objekt zu beleuchten hat.

Mag die anzuwendende Vergrösserung schwach oder stark sein, stets empfiehlt es sich, zuerst genaue Centrirung vorzunehmen. Man kann hierbei nach der von FRITSCH¹ angegebenen Methode verfahren: man setzt in die Oeffnungen, deren Lage zur optischen Achse kontrollirt werden soll, und auf die Beleuchtungslinsen geschwärzte Kartonscheiben und beobachtet durch eine feine, genau centrale Oeffnung derselben die zur Beleuchtung verwendete Lichtquelle. Es gelingt auf diese Weise, durch kleine seitliche Verschiebungen und Einschalten eines Stückes nach dem anderen die Lichtstrahlen durch die ganze

¹) ‚Licht‘, Zeitschrift für Photographie (Berlin) 1869 S. 190.

Folge von kleinen Oeffnungen bis auf die Mitte der Visirscheibe zu schicken, worauf das Beleuchtungssystem als genügend centriert zu betrachten ist. Es ist daher nothwendig, alle einzelnen Theile des Beleuchtungsapparates auf der optischen Bank derart anzubringen, dass sie sich sowohl in der Höhe wie nach rechts und links verstetzen lassen. Auf der aus einer Metallschiene bestehenden optischen Bank bei dem Apparate von *ZEISS* sind die Beleuchtungsgegenstände nur in der Höhe, nicht aber seitlich verstellbar. Letzteres wird hier überflüssig, weil die ganze Anordnung bereits auf's Genaueste centriert ist.

Sehr leicht ausführbar und überaus sicher ist folgende vom Verfasser ausgeübte Methode der Centrirung: An Stelle des *ABBE*'schen Kondensors setzt man eine möglichst enge Blende und blickt durch ein ganz schwaches Okular in den Tubus, an dem sich ein Objektiv nicht befindet. Man hat nun die auf der optischen Bank befindliche Lichtquelle so lange zu verschieben, bis man das Bild der Lichtquelle in der Mitte des Okulars sieht. Um dann auch die Kamera in die optische Achse zu bringen, setzt man an die Stelle der engen Blende unter dem Objektisch den *ABBE*'schen Kondensor, schraubt ein ganz schwaches Objektiv (von etwa 30 cm Brennweite) an den Tubus und projizirt mit Hilfe des Okulars das Bild der Lichtquelle auf die matte Scheibe. Die Kamera ist so zu richten, dass das Bild der Lichtquelle genau auf die Mitte der Mattscheibe fällt.

Arbeitet man mit sehr starken Objektiven, so lässt sich die Centrirung der Lichtquelle leicht folgendermassen bewerkstelligen: Man nimmt das Okular heraus und blickt in den Tubus. Die Stellung der Lampe ist dann richtig, wenn das Flammenbildchen in der Mitte des Objektivs steht. Voraussetzung ist hierbei, dass durch den Kondensor das Bild der Lichtquelle nicht genau in die Objektebene projizirt wird, weil man sonst nur eine der Apertur des Kondensors entsprechende helle runde Scheibe im Objektiv sieht. —

Die Beleuchtung gestaltet sich verschieden, je nachdem man mit schwachen oder starken Objektiven arbeitet.

Handelt es sich um schwache Objektive (30 mm Brennweite und darüber), so projizirt man durch eine Sammellinse von etwa 20 cm Brennweite ein Bild der Lichtquelle in das Objektiv. Hält man ein weisses Blatt Papier neben das Objektiv, so lässt sich diejenige Stellung der Sammellinse leicht ermitteln, wo das von ihr erzeugte Bild der Lichtquelle in der Mitte des Objektivs liegt. Statt der einfachen Sammellinse kann auch ein System solcher Linsen verwendet werden, wie man es beispielsweise zur Beleuchtung der Diapositive bei Projektionsapparaten benutzt. Je mehr Linsen aber vorhanden sind, um

so mehr Licht geht durch Reflexion an der Oberfläche und durch Absorption im Glase verloren¹.

Befindet sich die Lichtquelle in der optischen Achse und ist das Bild derselben in der Objektivebene entworfen, so steht, wenn man oben in das Objektiv hineinblickt, das Lichtbildchen genau in der Mitte des Objektivs und verharrt darin, auch wenn der Beobachter mit dem Auge seitlich aus der optischen Achse abweicht. Steht das Lichtbildchen ausserhalb der Mitte, so ist die Beleuchtung nicht axial und muss dementsprechend verbessert werden.

Je grösser das aufzunehmende Gesichtsfeld ist, um so schwieriger wird es, die unbedingt nothwendige, ganz gleichmässige Beleuchtung herbeizuführen. Man überzeuge sich daher durch den Augenschein davon, ob auf der Mattscheibe thatsächlich gleichmässige Helligkeit herbeigeführt ist. Man verfährt zu dem Zwecke folgendermassen: Nachdem mit Hilfe der Sammellinse das Bild der Lichtquelle in das Objektiv projizirt ist, entfernt man das vordere Ansatzstück der Kamera, um von vorn einen Einblick in die Kamera bis zur Visirscheibe zu gewinnen. Nun ersetzt man die Visirscheibe durch eine weisse Papp-scheibe und prüft, ob auf letzterer der vom Objektiv entworfene Lichtkreis gleichmässige Helligkeit besitzt. Ist letzteres noch nicht der Fall, so kann man durch Verschieben der Sammellinse und der Lichtquelle mit grosser Leichtigkeit völlige Gleichmässigkeit des Lichtkreises herbeiführen. Erst nachdem dies erreicht ist, wird das Präparat auf den Objekttisch gelegt.

Wie viel von der Oeffnung des Objektivs von dem Beleuchtungskegel benutzt wird, erkennt man beim Hineinschauen in den Tubus, indem man den Theil des Objektivs, welcher von der Lichtquelle direkt in Anspruch genommen wird, hell erleuchtet, den unbenutzten dagegen dunkel sieht. Eine Regulirung des Beleuchtungskegels, für welche die früher (S. 112) auseinandergesetzten allgemeinen Regeln gelten, findet statt, indem man die Lichtquelle (z. B. eine Lampe oder eine durch kräftiges Licht hell beleuchtete matte Scheibe) durch Vorsetzen grösserer oder kleinerer Blenden in ihrem Durchmesser so verändert, dass das Bildchen derselben nur etwa ein Drittel des Objektivs in Anspruch nimmt. Auch durch Einsetzen von Blenden in das Objektiv erreicht man, dass von letzterem nicht mehr als ein Drittel der freien Oeffnung durch den Beleuchtungskegel in Anspruch genommen wird. Bei den

¹) Daher bringt es auch nur Nachtheile, wenn man, wie MERGL (Internationale medicinisch-photographische Monatsschrift 1895 S. 33), die Zahl der Beleuchtungslinsen noch durch das Projektionsobjektiv des Skioptikons vermehrt.

für derartige Arbeiten besonders konstruirten Objektiven sorgt zumeist schon der Optiker dafür, dass sich die richtige Blende im Objektiv befindet.

Da es vortheilhaft ist, von dem ganzen Präparat nur das Gesichtsfeld zu erleuchten (s. S. 118), so bringt man unmittelbar unter dem Präparat eine Blende an, welche nur wenig grösser als das Gesichtsfeld ist.

Handelt es sich um Aufnahme ungewöhnlich grosser Präparate, so wächst die Schwierigkeit, das Gesichtsfeld mit Hilfe von Linsen gleichmässig zu erhellen. Man kann dann nach dem Vorgange von FORGAN¹ unter dem Präparat eine beiderseits mattirte Glastafel anbringen und dieselbe von rückwärts beleuchten.

Bei Aufnahmen mit Objektiven von langer Brennweite ist das Objekt sorgfältig vor Oberlicht zu schützen. Letzteres würde einen unregelmässigen Strahlengang erzeugen, wodurch die Schärfe des Bildes leidet. Lässt man einem nur mit durchfallendem Licht beleuchteten Objekte Oberlicht zukommen, so ergiebt sich hierdurch eine störende Verschleierung des Bildes. Bei Objektiven mit kurzer Brennweite ist Oberlicht schon deshalb weniger nachtheilig, weil das nahe am Deckgläschen befindliche Objektiv den Strahlen Zutritt kaum gestattet.

So viel über die Beleuchtung bei Benutzung ganz schwacher Objektive. In allen übrigen Fällen verfährt man bei der Beleuchtung jetzt allgemein derart, dass man das Bild der Lichtquelle in die Objektebene projizirt. Ist letzteres geschehen, so erblickt man bei der Okularbeobachtung Präparat und Bild der Lichtquelle gleichzeitig scharf. Sieht man darauf nach Herausnahme des Okulars in den Tubus hinein, so erscheint ein mehr oder minder grosser Theil der freien Oeffnung des Objektivs gleichmässig hell erleuchtet. Erblickt man im Tubus ein aufrechtes oder umgekehrtes Bild der Lichtquelle, so ist die Stellung der Beleuchtungslinsen nicht die richtige.

Ab und zu begegnet man der Vorstellung, als ob durch Projektion des Bildes der Lichtquelle in die Objektebene ein ganz besonderer, schwer zu erklärender Einfluss auf die Beschaffenheit des Bildes ausgeübt werde. Davon kann keine Rede sein. Vor allen Dingen wird hierdurch das Objekt nicht etwa zu einem selbstleuchtenden gemacht. Selbstleuchtende Körper senden ihre Strahlen nach allen Richtungen hin. Die Beleuchtung mit durchfallendem Licht wird jedoch durch die Lage des Bildes der Lichtquelle (ob innerhalb oder ausserhalb des aufzunehmenden Objektes) in der Richtung der Strahlen nicht geändert.

¹⁾ Journal of the Royal Microscopical Society 1896 S. 249.

Die Verlegung des Bildes der Lichtquelle in das Objekt bietet folgende Vortheile. Sie ermöglicht:

1. eine gleichmässige Beleuchtung des ganzen Gesichtsfeldes,
2. die Erhellung nur des aufzunehmenden Theiles vom ganzen Präparat,
3. die Ausnutzung der vollen Apertur des jeweilig benutzten Beleuchtungsapparates.

Die Erwärmung, welcher das Präparat hierbei unter Umständen ausgesetzt wird, ist kein Grund gegen die Anwendung dieser Methode. Sie beweist vielmehr nur, dass die gegebene Kraft der Lichtquelle am vollkommensten zur Ausnutzung gelangt. Man kann die Wärmestrahlen durch Einfügen einer mit gelb gefärbtem Wasser gefüllten Küvette aussmerzen (s. S. 85).

Bei mittelstarken Trockensystemen füllt das vom ABBE'schen Beleuchtungsapparat in die Objektebene entworfene Flammenbildchen das aufzunehmende Gesichtsfeld in der Regel nicht aus. Um hier Abhilfe zu schaffen, giebt es verschiedene Wege: Man kann eine künstliche Vergrösserung der Lichtquelle dadurch herbeiführen, dass man eine Sammellinse von 6-8 cm Brennweite auf der optischen Bank so aufstellt, dass die Lichtquelle im Brennpunkte dieser Linse steht. Fernerhin kann man in Nähe des ABBE'schen Beleuchtungsapparates eine matte Scheibe aufstellen, dieselbe durch sehr gretles Licht hell erleuchten und nunmehr mit Hilfe des ABBE'schen Beleuchtungsapparates ein Bild derselben in die Objektebene projiziren. Um das Korn der Mattscheibe zu verwischen, muss das Bild der Mattscheibe ein wenig ausserhalb der Objektebene liegen¹⁾. Bei diesen Verfahren geht aber viel Licht verloren. Man kann endlich den ABBE'schen Beleuchtungsapparat ganz fortlassen und mit Hilfe einer Sammellinse von 6-8 cm Brennweite ein Bild der Lichtquelle in die Objektebene projiziren. Da ein solches Flammenbildchen mehr als ausreichend gross ist, um das Gesichtsfeld ganz auszufüllen, so hat man hierbei den Vortheil, dass man sich den hellsten Abschnitt der Lichtquelle (beim Petroleumrundbrenner der Rand) für die Beleuchtung aussuchen kann. Um bei diesem Verfahren nicht mehr als das Gesichtsfeld zu erleuchten, bringt man eine hinreichend kleine Cylinderblende unmittelbar unter das Präparat. Durch eine zwischen Beleuchtungslinse und Lichtquelle auf der optischen Bank aufgestellte Blende lässt sich die Breite des Beleuchtungskegels

¹⁾ Bei allen Lichtquellen, welche, wie z. B. der Glühstrumpf des AUER-Brenners, keine gleichmässig leuchtende Fläche haben, darf man das Bild der Lichtquelle niemals scharf in die Objektebene projiziren.

reguliren. Bei Beleuchtung mit dem ABBE'schen Kondensor hat dies mit der an letzterem angebrachten Irisblende zu geschehen.

All diese Hilfsmittel, um beim Arbeiten mit mittelstarken Trocken-systemen zu erreichen, dass das in die Objekt ebene projizirte Licht-bildchen das Gesichtsfeld ganz ausfüllt, werden bei Weitem übertroffen durch ein vortreffliches, von KÖHLER¹⁾ angegebenes Verfahren: KÖHLER projizirt durch den ABBE'schen Kondensor nicht das Bild der Lichtquelle selbst in die Objekt ebene, sondern das Bild einer durch die Lichtquelle völlig gleichmässig erleuchteten Sammellinse. Das Arbeiten nach diesem Verfahren gestaltet sich folgendermassen: Man stellt die Lichtquelle $\frac{3}{4}\cdot 1$ m vom Objekttisch entfernt auf der optischen Bank auf: in die Mitte zwischen Lichtquelle und Objekttisch kommt eine Sammellinse von 8-10 cm Durchmesser und 20-25 cm Brennweite. Nunmehr blickt man nach Herausnahme des Okulars in den Tubus und stellt die am ABBE'schen Beleuchtungsapparat befindliche Irisblende so, dass nur der dritte Theil der freien Oeffnung des Objektivs von Licht erfüllt ist. Nachdem dies geschehen, bewirkt man durch Verschieben der Sammellinse, dass ein scharfes Bild der Lichtquelle auf die am ABBE'schen Beleuchtungsapparat befindliche Irisblende geworfen wird. Man achte darauf, dass das Bild der Lichtquelle nicht wesentlich grösser ist, als die Oeffnung der Irisblende. Durch Verschieben von Lichtquelle und Sammellinse lässt sich dies leicht erreichen. Liegt das Bild der Lichtquelle auf der Irisblende, so sieht man in dem auch mit Okular versehenen Mikroskop das Bild der gleichmässig hell erleuchteten Sammellinse scharf im Gesichtsfelde.

Endlich ist noch die Sehfeldblende auf der optischen Bank anzu-bringen, d. h. diejenige Blende, welche bewirkt, dass nur das aufzu-nehmende Gesichtsfeld erhellt ist. Sie findet ihren Platz zwischen Objekttisch und Sammellinse, nahe der letzteren. Jetzt blickt man in den auch mit Okular versehenen Tubus und verschiebt den ABBE'schen Beleuchtungsapparat so lange, bis die Begrenzung der Sehfeldblende im Mikroskop scharf erscheint. Damit man mit Hilfe der Sehfeld-blende lediglich das aufzunehmende Gesichtsfeld erleuchtet, verwendet man am besten hierfür eine Irisblende. Anderenfalls muss man eine Auswahl Scheibenblenden zur Verfügung haben.

Das KÖHLER'sche Verfahren, welches insbesondere bei mittelstarken und starken Trockensystemen Vorzügliches leistet, schützt das Mikroskop in bester Weise vor Erwärmung, denn die Lichtquelle befindet sich in erheblichem Abstande von demselben; es gestattet ferner gleichmässig

¹⁾ Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie Bd. X, 1893, S. 433.

helle Erleuchtung, wie sie in so vollkommener Weise durch kein anderes Verfahren zu erzielen ist; es erlaubt drittens beste Regelung der Breite des Beleuchtungskegels (mit Hilfe der am ABBE'schen Beleuchtungs-Apparate angebrachten Irisblende); endlich gewährt es die Möglichkeit, nur das aufzunehmende Gesichtsfeld zu erleuchten (mit Hilfe der Sehfeldblende). Wenn dies Verfahren bisher gänzlich unbeachtet blieb, so hat dies lediglich seinen Grund in der sehr wenig klaren Beschreibung, welche KÖHLER von demselben giebt.

Arbeitet man mit Immersionen, so füllt das durch den ABBE'schen Kondensor in die Objektebene projizierte Lichtbildchen das aufzunehmende Gesichtsfeld aus. Wenn nötig, kann man auch die Lichtquelle dadurch vergrössern, dass man eine Sammellinse von 6-8 cm Brennweite auf der optischen Bank so aufstellt, dass sich die Lichtquelle im Brennpunkte derselben befindet. Dies Verfahren bringt z. B. beim Petroleumrundbrenner Vortheil; es ermöglicht mit dem sehr hellen Rande dieser Flamme allein zu arbeiten und dadurch die Belichtungszeit abzukürzen. Bei den Lichtquellen, welche eine gleichmässige Leuchtfläche nicht besitzen (z. B. AUER-Licht), muss man durch geringfügiges Verschieben des Kondensors die Struktur der Leuchtfläche im Gesichtsfeld zum Verschwinden bringen. Um hier nicht mehr als das aufzunehmende Gesichtsfeld zu erhellen, bringt man in nächster Nähe der Lichtquelle eine so grosse Blende an, dass ihr in die Objektebene projiziertes Bild das Gesichtsfeld eben ausfüllt. Die Breite des Beleuchtungskegels wird in der schon wiederholt beschriebenen Weise (s. S. 114) durch Hineinblicken in den Tubus geprüft und mit Hilfe der Irisblende regulirt. Diese Prüfung darf niemals unterbleiben, will man brauchbare Photogramme herstellen. Bei zu grosser Schmalheit des Beleuchtungskegels treten, wie bereits bemerkt, störende Diffraktionsäume auf, während bei zu breitem Lichtkegel das Präparat von Licht überfluthet erscheint und das Bild der Schärfe entbehrt. Kommt es, wie bei Aufnahme gefärbter Bakterien, darauf an, einen möglichst breiten Beleuchtungskegel zur Verfügung zu haben, so wird man die Irisblende ganz öffnen; bisweilen empfiehlt es sich sogar, um Beleuchtungsapparate, welche eine höhere Apertur als 1 haben, voll auszunutzen, die Frontlinse des Kondensors durch einen Oeltropfen mit der Unterseite des Objekträgers zu verbinden. Auf diese Weise kann die ganze Oeffnung einer Oel-Immersion von 1,40 num. Apertur zur Bilderzeugung beitragen, was besonders bei Abbildung feinster Einzelheiten, wie z. B. der Geisselfäden von Wichtigkeit ist (vergl. S. 113). Doch hüte man sich auch bei Bakterienaufnahmen, die wirksame Apertur der Beleuchtungslinsen ohne Noth zu steigern,

da mit der Grösse der Apertur auch die Wölbung des Bildfeldes zunimmt. —

Das soeben beschriebene KÖHLER'sche Verfahren leistet auch bei Oel-Immersionen gute Dienste, zumal wenn man wegen der starken Hitzeentwickelung (elektrisches Bogenlicht; Kalklicht) die Lichtquelle möglichst weit vom Mikroskop entfernt aufstellt. Ferner ist es hier vortheilhaft beim Arbeiten mit Sonnenlicht. Für diesen Zweck empfiehlt ZEISS¹ eine Sammellinse von 1 m Brennweite. Nach unseren Erfahrungen bleibt es bei Benutzung von Sonnenlicht und Oel-Immersionen am zweckmässigsten, in der Blendenebene des ABBE'schen Kondensors eine Mattscheibe von feinstem Matt anzubringen und dieselbe mit Hilfe einer Sammellinse von ungefähr 20 cm Brennweite gleichmässig zu erleuchten. Auf diese Weise gelingt am besten die Ausnutzung einer beliebig hohen Apertur und völlig gleichmässige Erleuchtung des Gesichtsfeldes. Die hierdurch herbeigeführten Lichtverluste spielen bei der überaus grossen Kraft des Sonnenlichtes kaum eine Rolle. Arbeitet man bei Sonnenlicht ohne diese Mattscheibe, so kann es sich selbst bei Anwendung einer langbrennweitigen Sammellinse ereignen, dass man die gewünschte Breite des Beleuchtungskegels nicht erreicht; zwar wird man beim Hineinblicken in den Tubus scheinbar einen grossen Theil der Oeffnung des Objektivs mit hellstem Licht erfüllt sehen; mildert man aber durch Einschalten eines dunkelblauen Glases das blendende Licht, so gewahrt man, dass doch nur ein verhältnismässig kleiner Theil der freien Oeffnung gleichmässig hell erleuchtet ist.

f. Besonderheiten der Beleuchtung bei Aufnahme von Diatomeen

Die Regel, dass beim Photographiren ungefärbter Präparate die Apertur des Beleuchtungskegels ungefähr ein Drittel von der Apertur des jeweilig benutzten Objektivs ausmachen soll, erfährt bei der Aufnahme von Diatomeen eine Ausnahme. Hier lassen sich allgemeine Sätze nicht aufstellen. Manche Diatomeen zeigen die ihnen eigenthümliche Streifung oder Felderung schon bei schmalen centralen Beleuchtungskegeln; bei anderen müssen Lichtkegel von ziemlicher Breite angewendet werden; wieder andere verlangen den Ausschluss der centralen Lichtkegel und alleinige Beleuchtung mit seitlich einfallendem Licht.

¹⁾ ZEISS, Special-Katalog 1898, No. 3 S. 21.

All diese Abänderungen lassen sich bei unseren jetzt üblichen Beleuchtungsapparaten in einfachster Weise durch Blenden erreichen. Die von drei feinen Stäbchen gehaltene, geschwärzte Metallplatte, welche den centralen Theil des Kondensors verdeckt, leitet von allen Seiten schräg einfallendes Licht auf das Präparat. Weit häufiger wird jedoch schiefe Beleuchtung dadurch gewonnen, dass man eine unter dem Kondensor angebrachte Blendung mit kleiner runder Oeffnung seitlich verschiebt, so dass nur von einer Seite Lichtbüschel einfallen. Die guten Beleuchtungsapparate besitzen eine Vorrichtung, welche die Drehung des Blendungsträgers um die Achse des Kondensors erlaubt. Auf diese Weise kann man mit der excentrisch liegenden engen Blende von jeder Seite schiefes Licht auf das Objekt leiten und feststellen, bei welcher Lage der Blende die Auflösung der Zeichnung die beste ist.

Wird bei schiefer Beleuchtung nur auf einen kleinen Theil der Randzone des Kondensors Licht geleitet, so wirkt auch bei den gewöhnlichen, nicht achromatischen Kondensoren die sphärische Abweichung nicht so störend, wie bei der Beleuchtung mit breiten Strahlenkegeln. Die Benutzung achromatischer Kondensoren ist hier also nicht geboten. Man thut gut, sich durch Herausnahme des Okulars und Hineinblicken in den Tubus stets davon zu überzeugen, welcher und ein wie grosser Theil der Randzone des Objektivs hell erleuchtet ist.

Es ist eine bekannte Thatsache, dass die Kieselschalen der Diatomeen je nach Art der Beleuchtung und der Apertur des Objektivsystems ganz verschiedenartige Zeichnung darbieten. Sobald Aperturen, welche grösser als 1 sind, zur Wirksamkeit gelangen sollen, ist nicht nur ein Kondensor nöthig, der grössere num. Apertur als 1 hat, sondern es muss auch die Frontlinse des Kondensors mit dem Objektträger durch einen Oeltropfen verbunden werden; auch dürfen nicht trocken eingebettete Diatomeen als Objekt dienen¹.

Ueber die Beleuchtung bei Aufnahme von Amphipleura pellucida, des am schwierigsten zu lösenden Probeobjektes, mögen noch einige Bemerkungen folgen. Bei Amphipleura pellucida kommen auf 1 mm 4000 bis 4500 Querstreifen; der Abstand derselben beträgt also 0,00025 bis 0,00022 mm. Da nun der kleinste, durch ein bestimmtes Objektiv zu lösende Streifenabstand e sich ergiebt für centrale Beleuchtung als Quotient der Wellenlänge (λ) durch die num. Apertur (a), für möglichst schiefe Beleuchtung als Quotient der halben Wellenlänge durch diese Apertur², so kann unter Zugrundelegung von

¹⁾ Ueber die zur Aufnahme am meisten geeigneten Präparate Näheres in Abschnitt VIII.

²⁾ Vergl. Abschnitt III S. 81.

weissem Tageslicht mit Wellenlänge $\lambda = 550$ ($= 0,00055$ mm) eine Auflösung der Streifen bei centraler Beleuchtung überhaupt nicht, bei möglichst schiefer Beleuchtung erst dann eintreten, wenn eine Apertur von mindestens 1,10 wirksam wird. Denn für centrale Beleuchtung gilt die Formel (s. S. 81):

$$e = \frac{\lambda}{a}$$
$$0,00025 = \frac{0,00055}{a}$$
$$a = \frac{0,00055}{0,00025} = 2,2.$$

Das Objektivsystem, welches bei centraler Beleuchtung Amphibleura pellucida auflöst, müsste demnach eine num. Apertur von 2,2 haben. Dergleichen Objektive besitzen wir nicht; daher ist die Streifung bei centraler Beleuchtung mit Wellenlänge 550 nicht zu lösen.

Für möglichst schiefe Beleuchtung gilt die Formel:

$$e = \frac{\lambda}{2a}$$
$$0,00025 = \frac{0,00055}{2a}$$
$$a = \frac{0,00055}{2 \cdot 0,00025} = \frac{0,00055}{0,00050} = 1,10.$$

In diesem Falle wird also unter Anwendung von weissem Tageslicht die Streifung der Amphibleura gelöst, wenn eine Apertur von mindestens 1,10 zur Ausnutzung gelangt. Bei denjenigen Exemplaren dieser Diatomee, wo der Streifenabstand nur 0,00022 mm beträgt, ist sogar eine Apertur von mindestens 1,25 nötig, denn: $a = \frac{0,00055}{2 \cdot 0,00022} = \frac{0,00055}{0,00044} = 1,25$.

Verwendet man kurzwelliges blaues oder violettes Licht zur Beleuchtung, so vollzieht sich die Auflösung des Streifenabstands schon bei kleineren Aperturen, wie sich aus folgender Rechnung ergiebt, bei welcher blaues Licht mit Wellenlänge 430 ($= 0,00043$ mm) vorausgesetzt wird: $a = \frac{0,00043}{2 \cdot 0,00025} = \frac{0,00043}{0,00050} = 0,86$.

Hier bringt also schon eine wirksame Apertur von 0,86 bei möglichst schiefer Beleuchtung das Streifensystem zur Auflösung.

Wenn bei Anwendung von stärksten Trockensystemen mit Apertur 0,95 die Auflösung der Amphibleura trotz kurzweligen Lichtes allerdings nur in seltenen Fällen gelingt, so hat das seinen Grund in der Unvollkommenheit der Korrektion der äussersten Randzone, welche

bewirkt, dass das System die Grenze des Auflösungsvermögens, welche ihm theoretisch durch die Apertur gesetzt ist, nicht erreicht. Verwendet man ein System von höherer Apertur, ohne die volle Oeffnung auszunutzen, so liegt die Randzone der benutzten Oeffnung innerhalb des Gebietes vollkommener Korrektion, und die Auflösung geht daher auch bei der Apertur 0,95 glatt von Stätten. Die Apochromate kommen der theoretischen Grenze des Auflösungsvermögens in Folge ihrer vortrefflichen Korrektion ausserordentlich nahe.

Neben der Querstreifung besitzt *Amphibleura pellucida* sehr feine Längsstreifung, deren Lösung grössere Aperturen als 1 erfordert, bei deren Aufnahme also auch Frontlinse des Kondensors und Unterseite des Objektträgers durch einen Oeltropfen zu verbinden sind. Regelt man die Beleuchtung derart, dass die einfallenden Lichtstrahlen eine der mittleren Raphe der Diatomee parallele Richtung haben, so erscheint nur die Querstreifung gelöst; bilden dagegen die einfallenden Strahlen mit dieser Raphe einen spitzen Winkel, so machen sich gleichzeitig die Längsstreifen bemerkbar: die ganze Oberfläche des Kieselpanzers löst sich auf in ein System von Wellenlinien und Tüpfeln. Wird der spitze Winkel zu einem rechten, so verschwinden die Querstreifen, und nur die Längsstreifen verbleiben. Durch Drehung des mit einer excentrischen Blende versehenen Blendungsträgers um die optische Achse des Kondensors kann man den Winkel, welchen die einfallenden Strahlen mit der Längsachse der Diatomee bilden, beliebig von 0° auf 90° steigern.

Der praktischen Verwendung von kurzwelligem Licht bei Lösung von *Amphibleura* sind enge Grenzen gezogen: einerseits muss das Licht für das Auge immer noch gut wahrnehmbar sein, andererseits sind die Objektive für kurzwelligstes Licht nicht ausreichend korrigirt. Bei Versuchen nach dieser Richtung hin kommen überhaupt nur Apochromate in Frage. Objektive von gewöhnlichem Typus sind für kurzwelliges Licht so mangelhaft korrigirt, dass hierdurch die Vorzüge dieses Lichtes aufgehoben werden¹. Das kurzwelligste, für Auflösung von *Amphibleura* noch brauchbare Licht besteht nach ZETTNOW² in einer Auflösung von Jod in Chloroform: dieselbe lässt in passender Verdünnung nur rothe und violette Strahlen hindurch, so dass man nach

¹⁾ Vergl. hierüber: CZAPSKI, 'Die voraussichtlichen Grenzen der Leistungsfähigkeit des Mikroskops': Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie Bd. VIII, 1891, S. 151.

²⁾ EDER's Jahrbuch für 1893 S. 262. GIFFORD (Journal of the Royal Microscopical Society 1895 S. 145) verwendet als violettes Filter gesättigte Lösung von Methylviolett oder Gentianaviolett in Verbindung mit einer grünen Scheibe.

Absorption der letzteren durch ein Kupferoxydammoniak-Filter (s. S. 68) im Stande ist, nur violettes Licht zu benutzen. Enthält die Lösung ein halbes Procent Jod, so genügt eine 6 mm dicke Schicht, um mit Strahlen von *G* ab nach *H* hin allein zu arbeiten. Bei diesem Filter kommen also 2 Küvetten zur Verwendung, da sich die beiden Flüssigkeiten nicht mischen. Die Strahlen zwischen *G* und *H* haben eine durchschnittliche Wellenlänge von 415; die hierdurch gebotenen Vortheile gegenüber dem weissen Lichte ($\lambda = 550$) sind sehr bedeutend; denn eine Wirkssammachung der Wellenlänge $\lambda = 415$ statt der mittleren Wellenlänge des gewöhnlichen Tageslichtes $\lambda = 550$ ist gleichbedeutend mit einer Erhöhung der Apertur von 1,40 auf 1,85.

Leider steht der Verwendung von violettem Licht bei Auflösung von *Amphibleura* ein bedeutsames Hindernis entgegen: Präparate dieser Art sind am leichtesten zu lösen, wenn die Kieselshalen in Realgar (Brechungsexponent 2,4) eingebettet liegen. Nun verschluckt aber das grüngelbe Realgar die violetten Strahlen. Man ist also gezwungen mit einem Präparat zu arbeiten, welches in farblosem Medium (Jod-quecksilber) eingebettet liegt und wegen seines geringeren Brechungsexponenten für die Auflösung weniger günstig ist. Wägt man die Vortheile mit einander ab, welche auf der einen Seite violettes Licht, auf der anderen Seite Realgar mit sich bringen, so wird man lieber unter Verzicht auf violettes Licht mit dem Realgar-Präparat arbeiten und das hierfür brauchbare blaue Licht (Kupferoxydammoniak-Filter) benutzen.

Für die Auflösung von *Amphibleura pellucida* ist das Monobromnaphthalin-Immersionssystem von *ZEISS* (s. S. 49) wegen seiner sehr hohen Apertur (1,60) vorzüglich brauchbar. *van HEURCK*, *ZETTNOW* und Andere konnten mit diesem System vorzügliche Perlenuflösung der *Amphibleura* herbeiführen. Verwendet wurde hierbei blaues Licht und Realgar-Präparat, bei dem Objektträger und Deckglas aus hochbrechendem Flint besteht. Natürlich musste auch die Apertur des Kondensors 1,60 betragen und die Unterseite des Objektträgers mit der Frontlinse des Kondensors durch Monobromnaphthalin verbunden werden.

Da es sich bei diesen Aufnahmen stets um schmale Beleuchtungskegel handelt, so ist zwar die Ebenheit der Bilder ungewöhnlich gross, doch sind Diffraktionssäume um so schwerer zu vermeiden, als das verwendete Licht sehr kräftig ist. Diese Diffraktionssäume, welche jede Art der Zeichnung vortäuschen können, charakterisieren sich dadurch, dass sie nicht nur innerhalb sondern auch ausserhalb der Kieselshale auftreten. Ganz zu vermeiden sind sie bei schiefer Beleuchtung und schmalen Lichtkegeln niemals, doch ist es ein gewaltiger Unter-

schied, ob sie derart überwiegen, dass die ganze vorhandene Zeichnung offenbar nur durch sie hervorgerufen ist, oder ob sie gleichsam eine unscheinbare Zugabe zum Bilde darstellen. In nicht wenigen Fällen hält es sehr schwer, mit Sicherheit zu entscheiden, wieviel von der Zeichnung auf Rechnung der Interferenzlinien zu setzen ist. Zahl, Breite und regelmässige Anordnung der Streifen dürften kaum zuverlässige Merkmale für die Beurtheilung abgeben. Mitunter wird das Verschwinden der Streifen bei Erweiterung des einfallenden Lichtkegels über die Natur der Streifung Aufklärung verschaffen, doch darf man nicht vergessen, dass eine Erweiterung des Beleuchtungskegels schliesslich auch die in Wirklichkeit vorhandene Streifung zum Verschwinden bringt. Den besten Anhalt hat man immer an den ausserhalb der Kieselschale auftretenden Linien. Wer daher, wie es leider wiederholt bei Photogrammen, welche für die Struktur der Diatomeen beweisend sein sollten, geschehen ist, das Gesichtsfeld bis nahe an den Rand der Kieselschale abdeckt, macht seine Bilder völlig werthlos, indem er jede Kritik über die Natur der vorhandenen Streifen abschneidet. Ein Photogramm von *Amphipleura pellucida* ist um so werthvoller, je weniger austretende Diffraktionslinien sich bemerkbar machen.

In ganz ähnlicher Weise wie bei Aufnahme von *Amphipleura pellucida* hat man zu verfahren, wenn es sich um Herstellung eines Photogrammes von irgend einer anderen Diatomee handelt. Das Gelingen eines guten Bildes hängt stets von der richtigen Beleuchtung des Objektes ab.

2. Beleuchtung mit auffallendem Licht

Die Beleuchtung mikroskopischer Objekte mit auffallendem Licht spielte vor Jahrzehnten eine grosse Rolle. Jetzt tritt dieselbe — wohl mit Recht — völlig in den Hintergrund und wird fast nur noch bei Aufnahme von ganz undurchsichtigen Präparaten (von Metallen und dergl.) geübt.

Am einfachsten erhält man auffallendes Licht dadurch, dass die Lichtquelle, eine kleine Glühlampe, wie in Figur 30 auf Seite 93 dargestellt, dicht oberhalb des Objekttisches befestigt wird. Natürlich darf man sich hierbei Objekt und Objektivsystem nicht durch die Wärmestrahlen verderben lassen. Um die Nähe der Lichtquelle zu vermeiden und auch eine möglichst kräftige Beleuchtung mit Sonnenlicht herbei-

führen zu können, verwendete man Sammellinsen. MOITESSIER (a. a. O. S. 84) giebt hierfür eine besondere Konstruktion an, welche gestattet, das Licht in jeder beliebigen Richtung auf das Objekt zu werfen: Das Sonnenlicht wird durch einen Planspiegel auf eine achromatische Sammellinse von 30 cm Brennweite reflektirt. Die Linse lässt sich an einer senkrechten Stange auf- und abschieben. Ein an derselben Stange angebrachter wagerechter, verschiebbarer Arm trägt einen kleinen, frei beweglichen Planspiegel, mittels dessen man das von der Sammellinse kommende Licht in beliebiger Richtung auf das Präparat wirft. Die mit dieser Beleuchtungsart gewonnenen Bilder erscheinen hell auf schwarzem Grunde und besitzen unangenehme Härte. Man vermeidet letztere, wenn man mittels eines kleinen, unter dem Objekttische befindlichen Spiegels mehr oder minder reichlich durchfallendes Licht hinzufügt; hierdurch kann man selbst ganz weissen Grund erhalten.

An Stelle des Sonnenlichtes verwenden E. W. CARLIER und G. MAN¹ Magnesiumbandlicht, welches mit Hilfe einer Sammellinse auf das Objekt geworfen wird. Damit die Flamme an derselben Stelle verbleibt, wird das Magnesiumband durch eine kurze Metallröhre vorgeschoben. Die beste Wirkung wurde erzielt, wenn der Winkel der auffallenden Lichtstrahlen gegen den Objekttisch etwa 40° betrug.

Um bei auffallendem Licht die Schatten zu vermeiden, welche die Umrisse beeinträchtigen, legt H. HINTERBERGER² die undurchsichtigen Objekte (Samenkörner) auf eine Glasplatte und befestigt in kurzem Abstande von derselben ein Stück weisses Papier, um einen gleichmässig weissen Grund zu erhalten. MARKTANNER³ schlägt vor, an Stelle dieses weissen Papiers eine Milchglasscheibe zu verwenden, um nicht Papierstruktur ins Bild zu bekommen. Da aber die ganz ohne Schlagschatten hergestellten Aufnahmen nicht vollkommen befriedigten, so wählte HINTERBERGER schliesslich als Unterlage für die Samenkörner eine Opalglasplatte, die er (wie dies früher schon MOITESSIER gethan hatte) von unten mittels des Spiegels etwas aufhellte. Ueberdies wurden die Schatten durch ein kleines, als Reflektor wirkendes Blechschirmchen gemildert.

NACHET⁴ konstruirte einen besonderen mikrophotographischen Apparat für Beleuchtung mit auffallendem Licht, bei dem er den sogen.

¹⁾ Proc. Scottish Micro. Soc. 1893-1894 S. 115. Journal of the Royal Microscopical Society 1895 S. 110.

²⁾ Wiener photographische Blätter 1895 S. 154.

³⁾ EDER's Jahrbuch für 1896 S. 304.

⁴⁾ MOITESSIER, a. a. O. S. 82.

LIEBERKÜHN'schen Spiegel¹ verwendete: Die Kamera hat senkrechte Stellung, jedoch derart, dass sich der für die Aufnahme der matten Scheibe und der Kassette bestimmte Rahmen unten, das umgekehrte Mikroskop aber oben befindet. Das Objektiv ist in dem durchbohrten LIEBERKÜHN'schen Konkavspiegel angebracht, welch letzterer das von einem Planspiegel erhaltene Licht so reflektirt, dass die Strahlen das Objekt hell erleuchten. Das Präparat ruht auf zwei gläsernen Armen, welche das von dem Planspiegel kommende Licht nicht hindern, auf den LIEBERKÜHN'schen Spiegel zu fallen. Zur Einstellung auf der Visirscheibe dient ein schwach vergrösserndes Fernrohr, welches die Wand der Kamera durchbohrt.

Nach MOITESSIER hat die Beleuchtung durch den LIEBERKÜHN'schen Spiegel den Nachtheil, dass von allen Seiten Licht auf das Objekt gelangt, was dem Bilde ein unnatürliches Aussehen geben soll.

Einen eigenartigen Weg der Beleuchtung mit auffallendem Licht schlug SORBY² ein. Er brachte eine spiegelnde Glasplatte am Okularende des Tubus dergestalt an, dass grelles, auf diese Glasplatte fallendes Licht in den Tubus reflektirt wurde und zum Präparate gelangte.

Bei dem von SCHMIDT & HAENSCH³ nach Angaben von WEDDING konstruirten mikrophotographischen Apparate zum Photographiren der Anlauffarben von Eisenflächen ist die spiegelnde Glasplatte zwischen Präparat und Objektiv verlegt. Durch diese Platte (ein unter dem Winkel von 45° gegen die Achse des Mikroskops geneigtes, planparalleles Glas) hat man bei der Okularbeobachtung hindurchzuschauen. Auf die dem Objekte zugekehrte Seite der Glasplatte leitet man hellstes Licht, welches zum Theil auf das Objekt reflektirt wird. Selbstverständlich bedingt diese Methode ausserordentliche Lichtverluste, da der grösste Theil des auf die Glasplatte geworfenen Lichtes durch dieselbe hindurchtritt und überhaupt nicht auf das Objekt gelangt.

Alle bisher angeführten Methoden der Beleuchtung mit auffallendem Lichte (mit einziger Ausnahme der Methode von SORBY) sind nur beim Gebrauch von Objektiven mit grosser Brennweite anwendbar. Bei starken Objektiven würde in Folge des kurzen Abstandes von Objektiv und Präparat das Licht gehindert werden, auf das Präparat zu fallen; auch wäre es hier unmöglich, eine schräg gestellte Glasscheibe zwischen Präparat und Objektiv anzubringen.

¹⁾ Dieser Spiegel ist ursprünglich nicht von LIEBERKÜHN, sondern von LEEUWENHOEK angegeben worden (vergl. HARTING, Das Mikroskop Bd. III S. 39).

²⁾ Vergl. A. MARTENS: „Ueber die mikroskopische Untersuchung des Kleingefüges des Eisens“, „Stahl und Eisen“ 1889, No. 5.

³⁾ Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie Bd. V, 1888, S. 225.

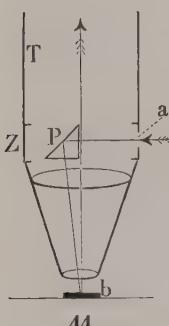
Eine vorzügliche Methode zur Aufnahme undurchsichtiger Objekte (insbesondere zum Photographiren von Metallschliffen) ist durch MARTENS¹ zu hoher Vollkommenheit ausgebildet worden. Diese Methode lehnt sich an diejenige von SORBY an und gestattet Benutzung sowohl der stärksten, wie der schwächsten Objektive. An Stelle der planparallelen Glasplatte griff MARTENS zum total reflektirenden Prisma und brachte dasselbe nicht über dem Okular, sondern an einem viel günstigeren Platze an: unmittelbar über dem Objektiv. Der Strahlengang bei dieser Anordnung wird durch Figur 44 veranschaulicht: *T* ist der Tubus, *Z* das Zwischenstück, welches das total reflektirende Prisma *P* enthält und sich zwischen Tubus und Objektiv anschrauben lässt. Dies Zwischenstück besitzt an der Seite ein kleines Fenster (*a*) für den Eintritt der Strahlen. Der am Prisma reflektirte Strahl gelangt

durch das Objektiv abwärts zum Präparat (*b*). Die Abbildung wird nur durch die rechte, frei bleibende Hälfte des Objektivs besorgt, da die linke durch das Prisma verdeckt ist. Die Erfahrung lehrt, dass man mit dieser Vorrichtung vortreffliche Aufnahmen, selbst in stärksten Vergrösserungen, fertigen kann. Die Fassung des Prismas ist so eingerichtet, dass man letzteres nach Belieben etwas aus der Mitte herausrücken oder auch ganz bei Seite schieben kann. Hierdurch ist die Möglichkeit gegeben, das Licht ein wenig schief zur optischen Achse einfallen zu lassen oder auch das Objektiv mit seiner vollen Oeffnung für durchfallendes Licht zu benutzen.

Ferner ist das Prisma mittels einer kleinen Handhabe um eine zu seinen Kanten parallele Achse innerhalb eines gewissen Spielraumes neigbar. Um die angemessene Einfallsrichtung der Strahlen herbeiführen zu können, ist das Zwischenstück um die optische Achse drehbar.

Man kann diese Vorrichtung an jedem Mikroskop verwenden. MARTENS konstruierte aber ein Mikroskop, welches für Untersuchungen der genannten Art besonders geeignet ist. Es erwies sich als vortheilhaft, die Mikrometerbewegung an den Objekttisch zu verlegen, also auf die ursprünglichsten Modelle der Mikroskopstativen zurück-

¹) A. MARTENS, Die mikrographische Ausrüstung der kgl. mechanisch-technischen Versuchsanstalt zu Berlin: Mittheilungen aus den kgl. technischen Versuchsanstalten 1891 S. 278. Vergl. auch die Veröffentlichungen von MARTENS: 'Stahl und Eisen' 1889, No. 5, 1892, No. 9, 1894, No. 17; ferner in GLASER's Annalen für Gewerbe und Bauwesen Bd. 30, 1892, S. 201, und in: Transactions of the american institute of mining engineers 1893, August.



44

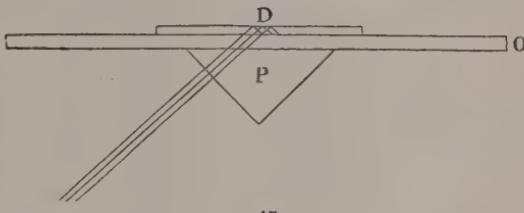
zugreifen. Auf dem Objekttisch kann eine Vorrichtung angebracht werden, welche es gestattet, auch bei unregelmässig geformten Stücken die abzubildende Ebene des Objektes senkrecht zur optischen Achse einzustellen. Der Tubus besitzt die ungewöhnliche Weite von 50 mm, um auch makroskopische Objektive verwenden zu können. An demselben ist ein Träger angebracht, an dem bei Benutzung langbrennweiterer Objektive das Prisma oder eine planparallele Glasplatte zwischen Objekt und Objektiv sich befestigen lässt.

Die gesammte Einrichtung ist von der Firma ZEISS in vorzüglichster Weise ausgeführt und kann als vollendetster Apparat zur Aufnahme undurchsichtiger Objekte gelten.

Neuerdings fertigt auch C. REICHERT nach demselben Prinzip Stativ und Beleuchtungsapparat für auffallendes Licht¹.

Werden undurchsichtige Objekte (Metallschliffe und dergl.) ohne Bedeckung durch Deckglas mit starken Objektiven aufgenommen, so müssen letztere eigens hierfür korrigirt sein, da der Optiker bei Berechnung der gebräuchlichen Objektive die Wirkung des Deckglases stets in Rechnung zieht. Bei schwachen Objektiven lässt sich das Fehlen des Deckglases durch Veränderung der Tubuslänge wenigstens zum Theil korrigiren.

Eine besondere Art der Beleuchtung mit auffallendem Licht ist die Dunkelfeldbeleuchtung, bei der die totale Reflexion der Strahlen an der Oberseite des Deckgläschens zur Beleuchtung des Präparates benutzt wird. Diese Beleuchtungsart ist von WENHAM² eingeführt. Derselbe befestigte mit Kanadabalsam an der Unterseite des Objektträgers *O* die Hypotenuse eines rechtwinkligen Prismas *P* (Figur 45). Hat die ganze durchsichtige Masse vom Prisma bis zum Deckgläschchen einen ziemlich gleichen Brechungsindex (das Objekt darf natürlich nicht trocken liegen), so wird ein Strahlenbündel, welches auf eine der dem rechten Winkel des Prismas angehörigen Seiten senkrecht fällt, an der Oberseite des Deckgläschens *D* totale Reflexion erleiden und das Objekt von oben her erleuchten. Um nicht nur von einer, sondern von allen Seiten Oberlicht auf das Präparat zu schicken,



45

¹⁾ Zeitschrift für angewandte Mikroskopie Bd. III, 1897, H. 2 S. 40.

²⁾ Quarterly Journal of microsc. Sc. 1856, No. 16, Juli; Transactions S. 55.

ersetzte WENHAM später das Prisma durch eine parabolische Linse, deren abgeschliffene Spitze durch Kanadabalsam mit dem Objektträger verbunden und deren untere Fläche in der Mitte durch eine schwarze Scheibe bedeckt wurde. Auf diese Weise werden die centralen Strahlen abgehalten, während die seitlich einfallenden im Deckgläschchen totale Reflexion erleiden.

NACHET ersetzte die parabolische Linse WENHAM's durch einen gläsernen Kegel, dessen dem Objekte zugekehrte Basis eine konvexe Linsenfläche bildet, welch letztere in ihrer Mitte durch schwarzen Firnis undurchsichtig gemacht ist. Dieser Kegel wird mit seiner abgestumpften Spitze nach abwärts gerichtet an Stelle des Kondensors unter dem Objekttisch befestigt.

Gegenwärtig bedient man sich zur Dunkelfeldbeleuchtung allgemein des ABBE'schen Beleuchtungsapparates und hält die centralen Lichtbündel, welche eine Erleuchtung des Präparates mit durchfallendem Licht herbeiführen würden, durch sternförmige, unter dem Kondensor angebrachte Centralblenden ab. Hierbei werden die seitlich einfallenden Strahlen, welche direkt in das Objektiv nicht eintreten können, auf der Oberfläche und im Innern eines stark lichtbrechenden Objektes reflektirt und lassen daher das Objekt hell erscheinen, während der Grund dunkel bleibt.

Erscheint bei Anwendung eines Objektivs von geringer numerischer Apertur das auf angegebene Weise erleuchtete Objekt hell auf dunklem Grunde, so schwindet, ohne dass man an dem Beleuchtungsapparat irgend etwas ändert, der eigenthümliche Lichteffect sofort, sobald man ein Objektiv von höherer Apertur an dem Tubus anschraubt; denn nunmehr können schräg einfallende Strahlen, welche vorher in das Objektiv nicht eintraten, von letzterem aufgenommen werden; das Präparat erscheint daher in gewöhnlicher Weise hell auf hellem Grunde. Um hier die Dunkelfeldbeleuchtung wieder herzustellen, müsste man entweder die sternförmige Centralblende unter dem Kondensor durch eine grössere ersetzen, oder die Apertur des Objektivs dadurch verkleinern, dass man unmittelbar über der obersten Linse desselben kleine Blenden auflegt. Vortheilhaft ist es hierbei stets, Präparat und Kondensor durch einen Oeltropfen zu verbinden.

Bei Verwendung von Immersionssystemen wird Dunkelfeldbeleuchtung unmöglich. Sie ist überhaupt nicht viel mehr, als eine interessante Spielerei; bei botanischen Aufnahmen soll sie mitunter brauchbare Resultate ergeben. Da die wirksamen Strahlen das Präparat durchdringen müssen, bevor sie an der Oberseite des Deckglases reflektirt werden, so ist Dunkelfeldbeleuchtung nicht auf Objekte anwendbar, welche, wie Metallschliffe, eine undurchsichtige Schicht bilden.

Fünfter Abschnitt

Vorrichtungen für besondere Zwecke

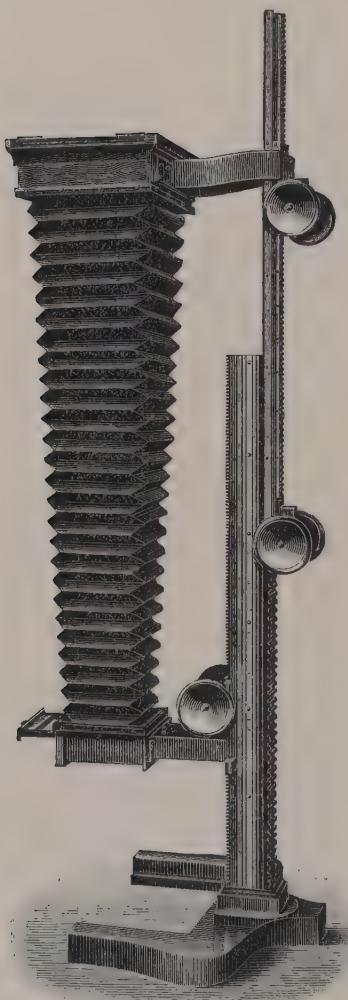
1. Aufnahme von Objekten, die in flüssigen Medien eingebettet sind

Liegen die Objekte in sehr dünner Schicht eines flüssigen Mediums (Wasser, Glycerin und dergl.), so kann man in Folge von Adhäsion des Deckglases das Präparat ohne Schaden in senkrechte Lage bringen und mit wagerechtem Apparat aufnehmen. Hierbei empfiehlt es sich, um auch geringfügigen Verschiebungen vorzubeugen, das Deckglas durch etwas Wachs am Objekträger zu befestigen. Ist jedoch die Dicke der Flüssigkeitsschicht beträchtlich, wie z. B. bei Objekten im hängenden Tropfen, so muss das Mikroskop auf jeden Fall aufrecht stehen. Um unter diesen Verhältnissen die Vortheile der wagerechten Kamera nicht aufzugeben, müsste man, wie dies schon POHL und WESELSKY thaten (Figur 2), oben am Tubus ein Prisma mit totaler Reflexion anbringen. Doch das hat aus dem auf Seite 4 angegebenen Grunde seine Schattenseiten. Man bedient sich also im vorliegenden Falle lieber der senkrechten Kamera.

Hier treten die Apparate in ihre Rechte, welche sich wie diejenigen von FRITSCH (Figur 11, 12) und ZEISS (Figur 18, 19) aus der wagerechten Anordnung leicht in die senkrechte überführen lassen. Wer einen derartigen Apparat nicht besitzt, kann sich bei schwachen und mittelstarken Vergrösserungen mit einer Anordnung behelfen, wie sie auf Seite 7 (Figur 5) beschrieben wurde. Arbeitet man mit Immersionen, oder wird ein Plattenabstand von beträchtlicher Länge nothwendig, so ist die Kamera durch ein festes Stativ zu stützen. Sehr brauchbar erweist sich für diese Zwecke die von STEGEMANN in

Berlin (Oranienstr. 151) gefertigte Kamera (Figur 46). Der Balg lässt sich bis auf 1 m Länge ausziehen. An den Zahnstangen der auf schwerem Hufeisenfuss angebrachten Metallsäule ist sowohl das untere wie das obere Ende der Kamera auf und ab zu bewegen.

Ein von O. ISRAEL¹ zu demselben Zwecke konstruirter, von STENGLÉIN² in nebensächlichen Punkten abgeänderter Apparat besteht im Wesentlichen aus einer langen Balgkamera, die man mittels eines schweren, gusseisernen Stativs in senkrechter Lage fixirt.



46

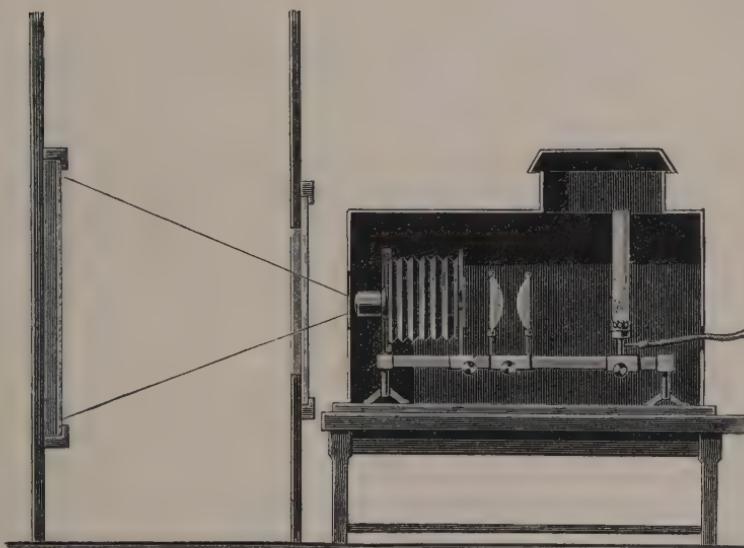
2. Apparat zum Photographiren embryonaler Schnittreihen

Die im Folgenden zu beschreibende, von Prof. HIS angegebene Vorrichtung zum Photographiren embryonaler Schnittreihen weicht zwar nicht wesentlich von anderen Apparaten für ganz schwache Vergrösserungen ab, doch ist die ganze Anordnung derart zweckmässig und besonders den Bedürfnissen des Embryologen entsprechend, dass wir nicht unterlassen können, auf den Gegenstand einzugehen.

¹⁾ VIRCHOW's Archiv Bd. CVI, 1886, S. 502.

²⁾ STENGLÉIN, M., u. SCHULTZ-HENCKE, Anleitung zur Ausführung mikro-photographischer Arbeiten S. 10. Berlin 1887, Parey.

Nach der Methode von His¹, bei der es sich um 10- bis 15fache Linearvergrößerung handelt, kommen sämmtliche Schnitte eines Objektträgers gleichzeitig zur Reproduktion. Eine auf zwei Füßen ruhende Zahnstange trägt an ihrem vorderen Ende (Figur 47) eine Platte mit dem photographischen Objektiv; eine zweite durch Trieb bewegliche und mit centraler Oeffnung versehene Platte dient als Objektträger; sie ist durch einen Balg mit der ersten verbunden. Als Lichtquelle dient ein längs der Zahnstange verschiebbarer Argandbrenner, dessen



47

Strahlen durch eine Doppellinse von 11,5 cm Durchmesser und 8 cm gemeinsamer Brennweite gesammelt und dem Objekte zugeführt werden. Zur Vermeidung störender Lichtreflexe ist der Apparat mit einem Blechgehäuse umgeben, an welchem eine breite Klappe angebracht ist, um den einzelnen Theilen von der Seite her beizukommen. Als Objektiv benutzt His einen STEINHEIL'schen Antiplanet von 12 cm Brennweite, oder einen Aplanat derselben Fabrik von 14 cm. — Letzteres System, etwas lichtschwächer als das erstere, hat den Vorzug einer

¹⁾ Archiv für Anatomie und Physiologie, Anatomische Abtheilung 1887 S. 174.

nicht allein korrekten, sondern auch sehr gleichmässig scharfen Zeichnung. Bildgrösse und Bildabstand bewegen sich unter den gegebenen Verhältnissen innerhalb grosser Dimensionen, und die Anwendung einer gewöhnlichen photographischen Kamera wird daher unbequem. His benutzt die Wand der Dunkelkammer als Aufnahmefläche. Zu dem Zweck theilt er die Dunkelkammer durch eine mit Thür und Schieber versehene Wand in zwei Hälften. Die vordere Wand enthält den Projektionsapparat; an der Rückwand der hinteren Kammer befindet sich die Bildfläche. Durch den beweglichen Schieber in der Zwischenwand bestimmt man den Beginn und den Schluss der Belichtung. Der Projektionsapparat ruht auf einem Brett und kann mittels Führung auf einem Holzgestell hin- und hergleiten. Die grobe Einstellung für eine bestimmte Vergrösserung geschieht durch Verschiebung des den Apparat tragenden Brettes; überdies dient zur Einstellung die den Objektträger bewegende Schraube. Die feinste Regulirung der Bildschärfe wird bewirkt durch Drehen des Objektivs innerhalb einer mit engem Schraubengewinde versehenen Hülse. Einmalige scharfe Einstellung des Bildes genügt, um eine Reihe von Aufnahmen hintereinander zu machen; es ist daher auch am besten, die derselben Schnittreihe angehörigen Bilder hinter einander zu photographiren, ohne an dem einmal eingestellten Apparate etwas zu verändern. Eine weitere Bequemlichkeit der ganzen Einrichtung liegt darin, dass man nur ein Mal die Zeit der Belichtung auszuprobiren hat. His projizirt das Bild auf Bromsilberpapier, welches er mittels einiger Heftstifte oder in einem grossen Kopirrahmen an der Wand der Dunkelkammer befestigt. Die Zeit der Belichtung wechselt nach der gewählten Vergrösserung und der angewandten Blende. Mit dem STEINHEIL'schen Aplanat und mit Blende IV verlangt beispielsweise eine zehnmalige Vergrösserung eine Belichtung von 6 bis 8 Minuten. Der durch stärkere Belichtung erreichbare dunklere Grund sieht im Allgemeinen eleganter aus, als der graue Ton schwächer belichteter Aufnahmen; indessen gehen bei kräftigerer Belichtung leicht die feineren Einzelheiten verloren. Die Bilder sind natürlich negativ, das heisst, die Schnitte erscheinen hell auf dunklem Grunde. Dies ist für die allgemeine Formbeurtheilung sowie für Messungen völlig gleichgültig. Will man Positivbilder haben, so sind solche leicht erhältlich, denn das Papier ist auch in ungeöltem Zustande hinreichend durchsichtig, um Kopiren zu gestatten. Der Vortheil, den man hat, wenn man die Blätter mit den Schnittbildern neben einander legen und somit grosse Reihen auf ein Mal übersehen kann, ist hoch anzuschlagen. Besonders wird ein solches Material für Rekonstruktionen aller Art unschätzbar.

Um für stärkere Vergrösserungen eine kräftigere Lichtquelle zur Verfügung zu haben, baute His¹ seinen Apparat später für elektrisches Licht um.

3. Vorrichtungen zu Augenblicks- und Reihen-Aufnahmen

Um mikroskopisch kleine, bewegliche Lebewesen, wie schwimmende Spermatozoën, Infusorien und Bakterien zu photographiren, bedarf man besonderer Vorrichtungen. Voraussetzung ist hierbei immer die Verwendung eines so kräftigen Lichtes, dass Bruchtheile von Sekunden ausreichen, um die Platte durchzuexponiren.

BERTSCH², einer der Ersten, die sich überhaupt mit Mikrophotographie beschäftigten, schlägt vor, zwischen Lichtquelle und Objekt folgenden Momentverschluss anzubringen: Eine kreisrunde Scheibe von geschwärztem Messing trägt an ihrem Rande eine mehrere Quadratcentimeter grosse, runde Oeffnung. In ihrem Centrum ist die Scheibe von einer Achse durchbohrt, welche auf der einen Seite in einer Federkapsel steckt. Die in der Kapsel befindliche Feder wird durch einmalige Drehung der Scheibe gespannt und lässt bei Druck auf einen Abzug die Scheibe eine Drehung in entgegengesetzter Richtung ausführen. Stellt man diese Vorrichtung so zwischen Lichtquelle und Objekt auf, dass letzteres verdunkelt ist, und lässt dann die Scheibe durch Entspannen der Feder sich schnell um ihre Achse drehen, so fällt während einer sehr kurzen Zeit durch die Oeffnung in der Scheibe Licht auf das Objekt.

BENECKE³ nimmt an diesem Momentverschluss eine Abänderung vor, um die Zcit der Lichtwirkung innerhalb gewisser Grenzen regeln zu können: Die Spiralfeder ist hinreichend lang zu wählen, um, wenn sie vollständig gespannt ist, die Messingscheibe 12mal um ihre Achse kreisen zu lassen. Nach jeder Umdrehung wird die Scheibe durch einen federnden Eingriff festgehalten, der zum Zweck einer neuen Umdrehung durch einen Abzug zu lösen ist. Bei jeder neuen Umdrehung

¹⁾ W. His, 'Der mikrophotographische Apparat der Leipziger Anatomie': Festschrift ALBERT KÖLLIKER zum 26. März 1892. Leipzig 1892, Vogel.

²⁾ MOITESSIER a. a. O. S. 290.

³⁾ BENECKE, Die Photographie als Hilfsmittel photographischer Forschung S. 156.

vermindert sich die Geschwindigkeit wegen der geringeren Kraft der sich mehr und mehr entspannenden Feder, die Belichtungszeit wird daher länger. Wenn sich nun eine lichtempfindliche Platte bei der ersten Drehung als unterexponirt erweist, so wiederholt man die Aufnahme mit hinreichend entspannter Feder.

MOITESSIER¹ schlägt vor, den Augenblicksverschluss mit Hilfe eines Pistolenschlosses herzustellen, auf dessen Hahn eine geschwärzte, mit passender Oeffnung versehene Pappscheibe befestigt ist. Beim Abdrücken der Pistole gestattet diese Oeffnung dem Licht für einen Augenblick Zutritt zum Objekte.

Zum Erreichen des gleichen Ziels könnte man natürlich jeden der zahllosen, besonders in neuester Zeit für die Augenblicksphotographie empfohlenen Momentverschlüsse anwenden. Es leuchtet jedoch ein, dass man bei dieser Methode völlig im Dunkeln tappt und dem Zufall überlässt, ob der aufzunehmende Gegenstand sich während der Belichtung überhaupt im Gesichtsfelde befindet.

Nicht anders liegen die Verhältnisse, wenn man die Aufnahme mit dem nur ausserordentlich kurze Zeit aufleuchtenden Magnesiumblitzpulver macht. Wie hierbei zu verfahren ist, haben wir auf Seite 98 eingehend erörtert.

Bei Herstellung von Augenblicksaufnahmen ging zuerst BOUMANS² methodisch zu Werke, indem er ein Mikroskop konstruierte, welches gestattet, gleichzeitig zu beobachten und zu photographiren. Er brachte oben am senkrechten Tubus rechtwinklig einen Seitentubus an und setzte letzteren mit der photographischen Kamera in Verbindung. Eine in Höhe der Abzweigung dieses Seitentubus im Haupttubus befindliche, mit sehr dünner Silberschicht überzogene Spiegelglasplatte leitet den grössten Theil der Strahlen (angeblich 75 %) durch den Seitentubus in die Kamera. Der Rest des Lichtes tritt durch den Spiegel hindurch und gelangt in das für den Beobachter bestimmte Okular. Sobald sich das Objekt in einer für die Aufnahme geeigneten Lage befindet, wird ein vor der Kamera angebrachter Momentverschluss ausgelöst und die Platte erhält durch den Seitentubus Licht. Der durch die unvollkommene Spiegelung herbeigeführte, sehr erhebliche Lichtverlust machte eine Verbesserung dieser Vorrichtung wiunschenswerth, was denn auch durch den Apparat von NACHET³, dessen Mikroskop einen Haupt- und einen Seitentubus besitzt, erreicht wurde: Ein unmittelbar über dem Objektiv

¹⁾ MOITESSIER a. a. O. S. 290.

²⁾ Les Mondes (Paris) Bd. 19, 1869, S. 115.

³⁾ NACHET, Katalog No. 29 S. 28. Paris 1886. — Journal of the Royal Microscopical Society Ser. II, Bd. VI, 1886, S. 842.

angebrachtes Prisma leitet die Strahlen in den mit gewöhnlichem Okular versehenen Seitentubus. Die am oberen Ende des Haupttubus befindliche mikrophotographische Kamera ruht auf vier Säulen. Der Beobachter blickt in den Seitentubus und schiebt, sobald das zu photographirende Objekt im Gesichtsfelde erscheint, durch leichten Druck auf eine Feder das Prisma zur Seite. Alle Strahlen treten nunmehr in den Haupttubus; doch empfängt die lichtempfindliche Platte nur für einen Augenblick Licht; im nächsten Moment ist das Gesichtsfeld wieder verdunkelt.

In der Folgezeit erstrebten Dr. C. VIGUIER¹ und MARKTANNER-TURNERETSCHER² durch ähnliche Vorrichtungen dasselbe Ziel.

MARKTANNER, der sich in der Hauptsache an das Modell von NACHET anlehnt, bringt zwischen Lichtquelle und Objekt eine Scheibe aus Opalglas an, welche den aufzunehmenden Gegenstand während der Beobachtung vor Erwärmung und allzu grellem Licht schützt. Wenn der Beobachter durch Druck auf einen Gummiball das total reflektirende Prisma bei Seite schiebt, damit die Lichtstrahlen in den Haupttubus und auf die lichtempfindliche Platte gelangen können, schnellt auch die Opalscheibe bei Seite und das Objekt wird für einen Augenblick mit voller Sonne beleuchtet. Die beiden Verschlüsse sind derart angeordnet, dass der Momentverschluss, welcher das Prisma in Bewegung setzt, etwas früher ausgelöst wird, damit die Lichtbahn schon geöffnet ist, wenn die momentane Belichtung des Objektes erfolgt. Um das Objekt beim Beobachten mittels des Okulars durch den Nebentubus bei verschiedenem Balgenauszug der Kamera, der natürlich verschiedene Einstellung benötigt, scharf zu sehen, liess MARKTANNER die Okularlinsen derart fassen, dass ihr Abstand innerhalb bestimmter Grenzen geändert werden kann. Je grösser der Kamera-Auszug ist, um so mehr müssen die beiden Okularlinsen von einander entfernt werden. So erhält man im Okular zwar nicht ganz ebene und auch mit Farbensäumen umgebene, aber genügend scharfe Bilder. Die beiden Verschlüsse sind, um jede Erschütterung des Ganzen zu vermeiden, auf gesonderten Untersätzen aufgestellt.

Man machte dem Apparat von NACHET den Vorwurf, dass die Bewegung des unmittelbar über dem Objektiv angebrachten Prismas und der an derselben Stelle befindlichen Vorrichtung zur nachfolgenden Verdunkelung des Gesichtsfeldes eine Erschütterung zur Folge hat. Dies ist nicht zutreffend: ein sorgfältig arbeitender Mechaniker erreicht,

¹⁾ *La nature* Jahrgang XVI, 1888, S. 389.

²⁾ *Photographische Korrespondenz* 1888 S. 182 u. 467. MARKTANNER, *Die Mikrophotographie* 1890 S. 188.

dass Alles leicht und glatt, ohne Erschütterung zu verursachen, von Statten geht. Daher liegt kein Grund vor, auf die so nachtheilige Spaltung des Lichtkegels durch Spiegel, oder, wie CAPRANICA¹ will, durch ein stereoskopisches Okular (nach ABBE, Figur 58) zurückzugreifen.

An die NACHET'sche Konstruktion (verschiebbares Prisma) lehnt sich auch diejenige von C. LEES CURTIES² an, ohne die Vortheile zu bieten, welche der soeben beschriebene Apparat von MARKTANNER brachte.—

Es wurden auch Versuche unternommen, von beweglichen Mikroorganismen Reihen-Augenblicksbilder zu fertigen, wie dies in der makroskopischen Photographie durch OTTOMAR ANSCHÜTZ und Andere bei springenden Pferden, Hunden u. s. w., ferner in jüngster Zeit mit Hilfe des Kinematographen bei allen möglichen Bewegungerscheinungen ausgeführt ist.

Indem ERRERA³ vorschlägt, den Apparat, dessen sich ANSCHÜTZ bedient, so umzuändern, dass er für mikrophotographische Aufnahmen verwendbar wird, verräth derselbe seine völlige Unkenntnis aller einschlägigen Verhältnisse. ANSCHÜTZ richtet 20 bis 24 Apparate auf denselben Gegenstand und belichtet die verschiedenen Platten innerhalb 2 Sekunden nach einander. Auf ein mikroskopisches Objekt wird man niemals zwei Dutzend Objektive gleichzeitig einstellen können.

Dem Mikrophotographen bleibt also nichts weiter übrig, als seine Kamera derart zu bauen, dass man mit derselben schnell hinter einander mehrere Platten oder verschiedene Abschnitte derselben Platte zu belichten vermag. CAPRANICA⁴ ersann hierfür eine Einrichtung, welche sich in Bezug auf Kassette und Momentverschluss eng an die von Freunden der Photographie vielfach benutzte STIRN'sche Geheimkamera anlehnt. Er setzt auf ein senkrecht stehendes Mikroskop ein binokuläres, stereoskopisches Okular von ZEISS. Nach Abnahme des in der Richtung der centralen, optischen Achse gelegenen Okulars bringt er an die Stelle des letzteren ein kurzes Rohr; dasselbe trifft im rechten Winkel auf ein ebenfalls kurzes, von dem Stirnbrett einer wagerechten Kamera ausgehendes Rohr. Wo die beiden Rohre zusammenstossen, ist ein total reflektirendes Prisma angebracht, welches den einen Theil der vom Objektiv kommenden Strahlen in die Kamera leitet; der andere Theil der Strahlen wird durch die Prismenkombi-

¹⁾ Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie Bd. VI, 1889, S. 1.
EDER's Jahrbuch für 1890 S. 78.

²⁾ Journal of the Royal Microscopical Society 1894 S. 516.

³⁾ Journal of the Royal Microscopical Society 1888 S. 812.

⁴⁾ Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie Bd. VI, 1889, S. 14.

nation im stereoskopischen Okular dem für das Auge des Beobachters bestimmten, gegen die optische Hauptachse geneigt stehenden Okular zugeführt. Letzteres lässt CAPRANICA nicht an seiner ursprünglichen Stelle unmittelbar über dem Prisma. Vielmehr schaltet er zwischen Prisma und Okular einen ausziehbaren Tubus ein, der durch andere Tuben von derselben Weite, aber von verschiedener Länge ersetzt werden kann. Durch passendes Verlängern dieses ausziehbaren Tubus erreicht CAPRANICA die gleichzeitige scharfe Einstellung des Bildes auf der Visirscheibe und auf der Netzhaut des beobachtenden Auges.

Die in der Kassette befindliche kreisrunde, lichtempfindliche Platte lässt sich durch ein hinter derselben angebrachtes Uhrwerk, dessen Gang man jederzeit pneumatisch unterbrechen kann, in drehende Bewegung versetzen. Auf der vorderen Seite ist die Kassette wie bei dem STIRN'schen Apparat durch ein Brettchen geschlossen, welches eine Fünfmarkstück grosse, excentrisch angebrachte, kreisrunde Oeffnung besitzt. Hierdurch wird die Möglichkeit gegeben, auf der sich drehenden Platte der Reihe nach sechs Aufnahmen zu machen.

Der demjenigen von STIRN entsprechende, unmittelbar vor der lichtempfindlichen Platte angebrachte Momentverschluss besteht aus einer durch Federkraft kreisenden, mit Ausschnitt versehenen Blechscheibe. Das Arbeiten mit diesem Apparate stellt sich also folgendermassen: Der Beobachter kontrollirt das Objekt durch den Nebentubus und löst im geeigneten Augenblick pneumatisch den Momentverschluss aus. Darauf tritt das Uhrwerk in Thätigkeit und die lichtempfindliche Platte dreht sich um den sechsten Theil ihres Umfanges; nun abermals Druck auf die Gummibirne, Belichtung und so fort, bis sechs Aufnahmen geschehen sind. Dann muss die Platte durch eine neue ersetzt werden.

Um ohne längere Unterbrechung eine grössere Anzahl von Belichtungen stattfinden zu lassen, ersetzt CAPRANICA den Rahmen mit der lichtempfindlichen, runden Platte durch eine Rollkassette, welche einen langen Streifen von lichtempfindlichem Negativpapier enthält. Das Uhrwerk, welches vorhin die Platte drehte, muss nun die Rollen derart in Bewegung setzen, dass zu jeder neuen Aufnahme ein noch nicht belichteter Abschnitt des Negativpapiers exponirt werden kann. CAPRANICA will mit dieser Vorrichtung 4 Aufnahmen in der Sekunde erzielen, wozu er natürlich 4mal in der Sekunde auf die Gummibirne drücken muss, um den Momentverschluss auszulösen.

Wie CAPRANICA mit seinem Apparate, bei dem alle Theile fest mit einander verbunden sind, scharfe Bilder erhalten will, ist nicht ersichtlich. Der STIRN'sche Momentverschluss erschüttert zwar die Kamera während der Exposition nicht, wohl aber nach derselben, wo er mit

einem fühlbaren Ruck zum Stillstand kommt. Der Einwand, dass wegen der sehr kurzen Belichtungszeit Erschütterungen des Apparates auf die Bildschärfe keinen nachtheiligen Einfluss ausüben, ist nicht stichhaltig; denn die Erfahrung lehrt, dass selbst bei sehr kurzer Exposition nur dann scharfe Bilder erzielt werden, wenn sich die Platte während der Belichtung in Ruhe befindet. —

In der Folgezeit brachte MAREY¹ seinen chronophraphischen Apparat zur Aufzeichnung der Bewegungen von Menschen und grossen Thieren mit entsprechenden Abänderungen auch für mikroskopische Objekte zur Anwendung und erreichte hierbei beachtenswerthe Resultate.

Alle älteren Vorkehrungen für Reihenaufnahmen sind durch den neuerdings ausserordentlich verbesserten Kinematographen, der auf dem Gebiete der Reihenaufnahmen makroskopischer Objekte sich das Feld vollkommen eroberte, in den Hintergrund gedrängt. Bekanntlich verwendet man im Kinematographen Celluloidfilms, d. h. sehr lange, schmale Bänder aus durchsichtiger Masse, welche mit der hochempfindlichen Bromsilberemulsion überzogen sind.

Das wichtigste im Kinematographen ist der Momentverschluss und die Fortbewegung des Celluloidbandes. Hierfür wurde eine grosse Zahl verschiedener Konstruktionen angegeben, die in Bezug auf Brauchbarkeit sehr von einander abweichen². Der Momentverschluss besteht zumeist aus einer mit Ausschnitten versehenen Scheibe oder Trommel. Da er während der Aufnahme in ununterbrochener kreisender Bewegung sich befindet, so sind die Erschütterungen vermieden, wie sie der bei dem CAPRANICA-schen Apparate vorhandene STIRN'sche Momentverschluss mit sich bringt.

Bei der Fortbewegung des Celluloidbandes sind Vorkehrungen nöthig, welche das Band während der Exposition jedes Mal zum Stillstande bringen. Diese schwierige Aufgabe ist bei den guten Apparaten in vortrefflichster Weise gelöst. Wenn man bedenkt, dass während einer einzigen Sekunde 15 bis 20 Aufnahmen stattfinden, das Band also ebenso oft zum Stillstande zu bringen und wieder weiter zu bewegen ist, so begreift man, dass zur Lösung einer solchen Aufgabe der grösste Scharfsinn nöthig war.

Passt man einen derartigen Apparat dem Mikroskope an, so ist natürlich das makroskopische Objektiv zu entfernen. Sorgfältigste Trennung von Apparat und Mikroskop wird unerlässlich, damit letzteres vor Erschütterungen bewahrt bleibt.

Zu bedenken ist, dass bei Reihenaufnahmen die Verhältnisse anders liegen, als bei einer einzelnen Momentaufnahme. In der Regel voll-

¹⁾ Moniteur de la photographie 1892, 15. Mai.

²⁾ Gute Konstruktionen dieser Art bringt z. B. A. HESEKIEL (Berlin, Leipziger Strasse 105) in den Handel.

zieht sich die kinematographische Aufnahme (600 bis 700 Einzelbilder) innerhalb 30 bis 45 Sekunden. Schnell schwimmende Bakterien, Infusorien und dergl. würden also während dieser Zeit aus dem Gesichtsfelde entschwinden. Will man diese Lebewesen dennoch kinematographisch aufnehmen, so ist dafür zu sorgen, dass sich so zahlreiche Individuen im Präparate befinden, dass immer einige derselben im Gesichtsfelde sind. Hauptsächlich Werth hat die Reihenaufnahme bei Objekten, die ihre Bewegungen ausführen, ohne dabei nennenswerthe Ortsveränderungen vorzunehmen. Diese Verhältnisse machen es nicht unbedingt nötig, ein Mikroskop zu verwenden, welches den seitlichen Beobachtungstibus (nach NACHET) besitzt.

Wegen der ausserordentlich kurzen Belichtungszeiten sind nur kräftigste Lichtquellen (am besten Sonnenlicht) zu benutzen. Durch eine mit Wasser gefüllte Absorptionsküvette wird man das Präparat vor Erwärmung zu schützen haben. Ausserdem ist bis zum Beginn der Expositionszeit das grelle Licht durch eine Opalscheibe zu dämpfen.

Es wäre wünschenswerth, dass nach dieser Richtung hin fleissig gearbeitet wird. Jedenfalls dürften dabei interessante Ergebnisse zu Tage kommen. Die bis jetzt vorliegenden Nachrichten über gelungene mikrophotographische Reihenaufnahmen sind sehr spärlich. U. A. soll WATKINS¹ bei Aufnahme von Bewegungen des Blutes im Gewebe der Frosch-Schwimmhäute und von Bewegungen der Räderthierchen brauchbare Aufnahmen erzielt haben.

Ueber eigenartige Reihenaufnahmen: mikrophotographische Aufzeichnungen von Ausschlägen des Kapillarelektrometers, veröffentlichte R. DU BOIS-REYMOND² eine ausgezeichnete Studie. Das Kapillarelektrometer dient zur Untersuchung der elektrischen Vorgänge im Thier- und Pflanzenkörper. Um die Ausschläge desselben bei starker Vergrösserung in Reihen von Augenblicksbildern festzuhalten, benutzt R. DU BOIS-REYMOND Magnesiumblitzlicht oder elektrisches Bogenlicht. Während der Belichtung wird die Trockenplatte mit möglichst gleichförmiger Geschwindigkeit vor einem schmalen Spalt vorübergeführt und bildet auf diese Weise die mit Hilfe des Mikroskopes projizirten Bewegungen des Kapillarelektrometers ab. Statt die Platte vor dem Spalt vorbei zu bewegen, erwies es sich als noch vortheilhafter, dieselbe in Ruhelage zu halten und das stark vergrösserte Bild der sich bewegenden sehr feinen Quecksilbersäule mittels eines kreisenden Spiegels auf die ruhende Platte zu werfen.

¹⁾ Photographical News 1897 S. 534.

²⁾ Photographische Rundschau 1897, Heft 5 S. 129.

4. Aufnahmen mit polarisirtem Licht

Die Polarisationsapparate dienen bekanntlich dazu, das zur Beleuchtung der Objekte verwendete Licht derart zu verändern, dass die Strahlen nur in einer Ebene schwingen. Von den verschiedenen Mitteln, mit welchen man polarisirtes Licht erzeugen kann, kommt für unsere Zwecke nur das Kalkspath-Prisma in Betracht. Die bekanntesten Formen dieses Prismas sind dasjenige von FOUCault, NICOL, HARTNACK-PRAZMOWSKI und ABBE. Dieselben eignen sich jedoch nicht alle in gleicher Weise für die Mikrophotographie. Das FOUCault'sche Prisma besitzt zu kleine Oeffnung; das NICOL'sche muss sehr gross und damit auch sehr theuer gewählt werden, wofern das brauchbare Sehfeld nicht zu klein ausfallen soll; außerdem wird bei der starken Neigung der Strahlen gegen die Ein- und Austrittsfläche durch Zurückwerfung die Lichtstärke wesentlich vermindert. Das HARTNACK-PRAZMOWSKI'sche Prisma hat den Vortheil grösserer Kürze, günstiger Lage der Ein- und Austrittsflächen und einer grossen Oeffnung; dasjenige von ABBE zeichnet sich vor allen Dingen dadurch aus, dass es eine im Umfange des ganzen Gesichtsfeldes gleiche Bildschärfe gewährt. Die beiden letzten Vorrichtungen sind daher auch für mikrophotographische Arbeiten empfehlenswerth.

Das für die Beleuchtung dienende Prisma, der Polarisator, wird unter dem Kondensor in genau centraler Stellung befestigt. Zur Verbindung mit dem ABBE'schen Beleuchtungsapparate ist die Fassung des Kalkspaths so eingerichtet, dass dieselbe in den Blendungsträger hineinpasst.

Das zweite, dem Polarisator entsprechende Kalkspath-Prisma, der Analysator, durch dessen Drehung der vom Polarisator empfangene Lichtstrahl ausgelöscht werden kann¹⁾, lässt sich unmittelbar über dem Objektiv oder im Okular oder über dem letzteren anbringen. Die von MOITESSIER (a. a. O. S. 102) für mikrophotographische Arbeiten empfohlene Stellung des Analysators unmittelbar über dem Objektiv bietet zwar den Vortheil, ohne Einschränkung des Sehfeldes sehr kleine Prismen verwenden zu können; aber die Einschaltung eines so massigen Körpers, wie das polarisirende Prisma, in den Strahlengang bewirkt nach DIPPEL eine Beeinträchtigung der Bildschärfe, welche für feinere Untersuchungen von entschiedenem Nachtheil werden muss. ABBE bringt das analy-

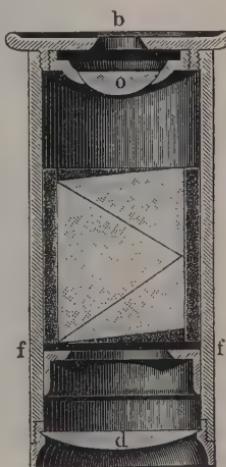
¹⁾ Die Auslöschung geschieht bei gekreuzter Prismenstellung.

sirende (PRAZMOWSKI'sche) Prisma im Okular an (Figur 48) zwischen dem Kollektivglas *d* und dem Okularglas *o*, dicht über der Blende *ff*. Das über dem Okularglase befindliche Diaphragma *b* dient zur Abblendung des ordentlichen Strahls.

Nach ZEISS¹ soll bei mikrophotographischen Aufnahmen der Analysator über der oberen Linse des Projektions-Okulars eingeschaltet werden, nachdem die Beleuchtung des Objektes und die Projektion des Bildes in der gewöhnlichen Weise vorgenommen ist.

Wegen der durch Polarisationsapparate unbedingt herbeigeführten Lichtverluste ist Verwendung sehr kräftigen Lichtes zur Beleuchtung (direktes Sonnenlicht, Kalklicht u. s. w.) notwendig.

Die Herstellung von Mikrophotogrammen mit polarisiertem Licht gehört keineswegs der Neuzeit an. POHL² legte bereits im Jahre 1857 der Wiener Akademie Mikrophotogramme vor, die mit polarisiertem Lichte aufgenommen waren. Auch GERLACH erwähnt (a. a. O. S. 86), dass er dergleichen Versuche mit Erfolg angestellt habe. MOITESSIER beschreibt das Verfahren sehr eingehend (a. a. O. S. 99-106) und giebt seinem Werke eine mit polarisiertem Licht gefertigte Aufnahme von Stärkekörnchen bei. Freilich wird, so lange wir nicht in einer für die Praxis verwendbaren Weise im Stande sind, die Farben auf der lichtempfindlichen Platte festzuhalten, das polarisierte Licht für die Photographie weit geringere Bedeutung haben, als für die mikroskopische Beobachtung; denn die meisten Polarisationserscheinungen bestehen in der mehr oder weniger glänzenden Färbung gewisser Objekte, welche durch Helligkeitsunterschiede im Bilde nur höchst mangelhaft wiedergegeben werden. In manchen Fällen jedoch, wie beispielsweise bei Aufnahme von Amylumkörnern, entspricht das photographische Bild vollkommen der im Mikroskope zu beobachtenden Erscheinung. Diejenigen Kalk- und Kieselkörper, welche die Eigenschaft haben, das Licht zu polarisieren, erscheinen bei gekreuzten Prismen hell auf dunklem Grunde, genau in derselben Weise, als ob sie mit auffallendem Licht oder mit Dunkelfeldbeleuchtung erhellten wären. Um hierbei zu grosse Härte der



48

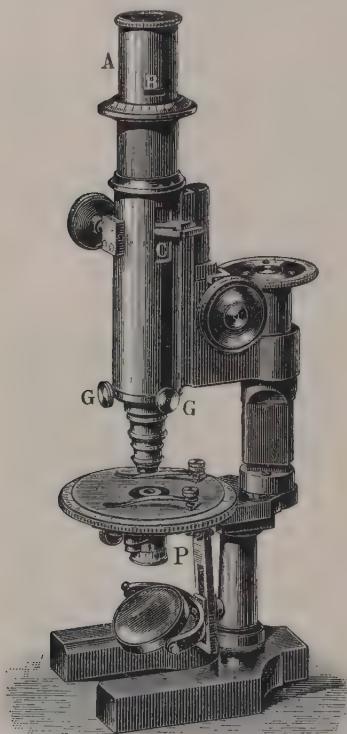
¹⁾ ZEISS, Special-Katalog 1888 S. 49.

²⁾ Sitzungsberichte d. mathem.-naturw. Klasse der kaiserl. Akademie der Wissensch. Bd. XXIII S. 340. Wien 1857.

Bilder zu vermeiden, giebt man dem Analysator eine derartige Stellung, dass das Gesichtsfeld ganz mässig beleuchtet ist.

Auch in forensischer Beziehung kann die Photographie mit polarisirtem Licht Bedeutung haben.

Für feine polariskopische Arbeiten, hauptsächlich bei mineralogischen Studien, kommen besondere Stativen in Anwendung, die einen drehbaren, mit Kreistheilung ausgerüsteten Objekttisch (Figur 49) und einen unten mit Stellschrauben *G G* versehenen Tubus besitzen, welche genaue Centrirung gestatten. Polarisaator *P* und Analysator *A* haben gleichfalls eine die Drehungsgrösse anzeigenende Theilung. Die Schlitze bei *B* und *C* dienen zum Einschieben verschiedener optischer Nebenapparate. Für mikrographische Zwecke müsste das Stativ natürlich zum Umlegen eingerichtet sein.



49

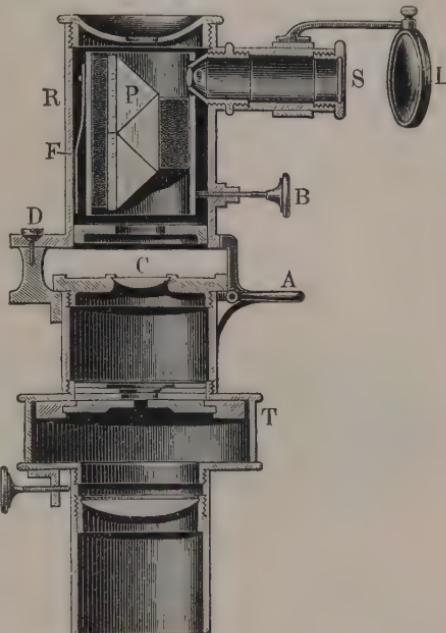
5. Spektroskopische Aufnahmen

Der für das Mikroskop bestimmte Spektralapparat wird am oberen Ende des Tubus befestigt und besteht aus einem mit einem Okular verbundenen Amici'schen Geradsichtsprisma. Letzteres aus Kron- und Flintglasprismen zusammengesetzt, führt bekanntlich Farbenzerstreuung herbei, ohne den Lichtstrahl von seinem geradlinigen Wege abzulenken¹.

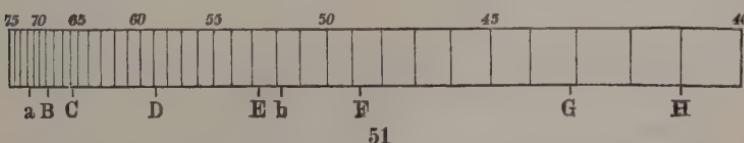
¹⁾ Eine sehr lichtvolle, genaue Beschreibung des Mikrospektroskops giebt BEHRENS in BEHRENS, KOSSEL, SCHIEFFERDECKER: Das Mikroskop und die Methoden der mikroskopischen Untersuchung. Braunschweig 1889, Bruhn.

Ein wesentlicher Bestandtheil des Spektralokulars ist ein zwischen dem Kollektiv- und Augenglas des Okulars an Stelle der Blende angebrachter Spalt, welcher sich durch Schrauben verlängern und verkürzen, verengern und erweitern lässt.

Zur Bestimmung der relativen Lage und Breite der Absorptionsbänder dient ein Messapparat, welcher bei dem von ABBE angegebenen Mikrospektroskop (Figur 50) folgende Einrichtung hat: Das Geradsichtsprisma *P* liegt mit seiner oberen Endfläche dem Röhrchen *OS* gegenüber, welches auf einem Glasplättchen *S* die ÅNGSTRÖM'sche Skala trägt, eine Skala, die in ihrer Theilung die Wellenlängen des Lichtes für jeden Theil des Spektrums in Hunderttausendsteln vom Millimeter (Figur 51) angibt. Das Bild der durch einen Spiegel *L* hell erleuchteten Skala wird durch die Linse *O* auf die Endfläche von *P* projizirt und fällt, durch letztere reflektirt, gleichzeitig mit dem Spektrum in das Auge oder auf die lichtempfindliche Platte. Die Skala ist durch Drehen an der Schraube *B*, welche das Geradsichtsprisma *P* unter Gegenwirkung



50

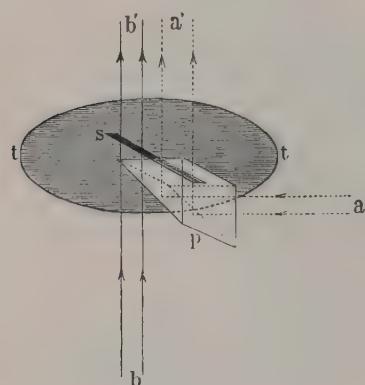


der Feder *F* in jede gewünschte Lage bringt, derart einzustellen, dass die Ziffer 589 mit der FRAUNHOFER'schen Linie *D* zusammenfällt. Diese Linie entspricht nämlich einem Licht von Wellenlänge $\lambda = 0,000589$ mm.

Bei dem Mikrospektroskop von ABBE ist der eigentliche Spektralapparat *R* beweglich über dem Okular *C* angebracht. Nach Lösen

der Sperrklinke *A* lässt er sich um *D* seitwärts drehen, wodurch ermöglicht wird, das Objekt vor der spektroskopischen Untersuchung in gewöhnlicher Weise durch das Okular zu betrachten. Der verstellbare Spalt befindet sich in der Trommel *T*.

Für mikrophotographische Zwecke hat das Spektroskop insofern eine Veränderung zu erfahren, als die beiden Okularlinsen des gewöhnlichen Mikrospektroskops gegen diejenigen eines Projektionsokulars (No. II von *ZEISS*) zu vertauschen sind¹⁾. Der auf diese Weise abgeänderte Apparat wird an die Stelle des gewöhnlichen Projektions-Okulars eingesetzt, nachdem mit diesem vorher das Bild des Objektes, dessen Spektrum aufgenommen werden soll, auf die Platte projizirt



52

vor die obere Linse des Projektions-Okulars, welche also nur von demjenigen Theile des Präparates Licht empfängt, dessen Spektrum aufgenommen werden soll.

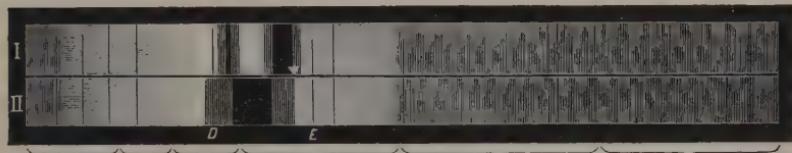
Um das Spektrum eines zu untersuchenden Stoffes mit demjenigen eines ähnlichen, bekannten Stoffes direkt vergleichen zu können, besitzt das Mikrospektroskop eine Vorrichtung, welche gestattet, unmittelbar neben dem Spektrum des zu untersuchenden Körpers dasjenige des Vergleichskörpers zu entwerfen²⁾. Die Sache beruht darauf, dass die Hälfte des zwischen den beiden Okulargläsern befindlichen Spaltes durch ein unter dem Spalt (Figur 52) angebrachtes Prisma verdeckt

¹⁾ *ZEISS*, Special-Katalog 1888 S. 49. — Die obere Linse muss auch hier, wie bei dem gewöhnlichen Projektions-Okular, in einer ausziehbaren Hülse stecken.

²⁾ BEHRENS a. a. O. S. 67.

wird, welches die durch ein kleines seitliches Rohr eintretenden, vom Vergleichskörper herrührenden Strahlen a total reflektirt und durch den Spalt nach oben sendet. Auf diese Weise entsteht ein durch eine dunkle Längslinie getrenntes Doppelspektrum, von dem das eine den Strahlen bb' , das andere den Strahlen aa' seinen Ursprung verdankt. Figur 53 zeigt ein auf diese Weise hergestelltes Doppelspektrum: I ist das Absorptionsspektrum des Oxyhämoglobins, II dasjenige des Hämoglobins.

Da bei den mikrospektroskopischen Untersuchungen die FRAUNHOFER'schen Linien eine wesentliche Rolle spielen, so ist bei derartigen Arbeiten die Verwendung von Sonnenlicht unbedingt nothwendig. Besondere Sorgfalt ist ferner hierbei auf die Auswahl der lichtempfindlichen Platten zu legen: Die Absorptionsstreifen können sich im Negativ nur dann markiren, wenn die benachbarten Abschnitte des Spek-



53

trums auf die Platte aktinisch wirken. Nimmt man daher ein Spektrum, bei dem ein Absorptionsstreifen im Gelb vorhanden ist, mit gewöhnlicher Trockenplatte auf, die für Gelb sehr geringe Empfindlichkeit hat, so wird nicht nur der Absorptionsstreifen, sondern auch der angrenzende Theil des Spektrums im Negativ glasklar, im Positiv aber schwarz erscheinen. Vielmehr hat in diesem Falle die Aufnahme auf gelbempfindlicher (Erythrosin-) Platte zu geschehen.

Zur spektroskopischen Prüfung von Objekten, die mit polarisiertem Licht beleuchtet sind, dient der von ABBE-DIPPEL angegebene, von ZEISS ausgeführte Spektropolarisator¹, bei welchem von den durch den Polarisator hindurchgegangenen Strahlen in der Objektebene ein Spektrum erzeugt wird. Der Analysator verbleibt in seiner gewöhnlichen Stellung über dem Projektions-Okular.

¹) DIPPEL, Handbuch der allgemeinen Mikroskopie S. 358.

6. Stereoskopische Aufnahmen

Handelt es sich in der Porträt- und Landschaftsphotographie um stereoskopische Aufnahmen, so verfährt man dabei folgendermassen: Der Photograph fertigt zwei Aufnahmen desselben Gegenstandes mit zwei Objektiven, die am Stirnbrett einer getheilten Kamera so weit von einander entfernt angebracht sind, als der Abstand der beiden Augen beträgt. Die beiden auf diese Weise erhaltenen Bilder sind, da beide Objektive den Gegenstand nicht genau von derselben Seite sehen, nicht völlig gleichartig; betrachtet man dieselben im Stereoskop, so erscheint das aufgenommene Objekt körperlich.

Dies Verfahren lässt sich auf das Mikroskop nicht ohne Weiteres übertragen, denn der geringe Bildabstand mikroskopischer Objektive beschränkt in hohem Grade die Möglichkeit, gleichzeitig zwei Objektive auf dasselbe Objekt zu richten. Gleichwohl wurden auch in dieser Richtung Versuche unternommen, und zwar in einer überaus frühen Zeit, nämlich durch den französischen Kapuziner CHERUBIN im Jahre 1678¹. Derselbe beschrieb ein Mikroskop mit zwei Tuben und zwei Objektiven. In neuester Zeit ist auf Veranlassung von GREENOUGH diese Konstruktionsart durch ZEISS² wieder aufgenommen und mit bestem Erfolge durchgeführt worden. Natürlich kommen hierbei nur schwache Objektive in Frage. Es ergab sich, dass die Verwendung von 2 Tuben und 2 Objektiven bei der Okularbeobachtung in Bezug auf stereoskopische Wirkung des Bildes allen anderen Methoden wesentlich überlegen ist.

Sind die Objekte unbeweglich und handelt es sich ausserdem nicht um Okularbeobachtung, sondern um Photographie, wo nichts im Wege steht, die beiden Bilder nach einander zu fertigen, so könnte man, wie dies WHEATSTONE³ im Jahre 1854 that, beide Aufnahmen bei verschiedener Neigung desselben Tubus gegen den Objekttisch ausführen. Da dies Verfahren besonders konstruierte Mikroskope erfordert, so könnte sich dasselbe nicht einbürgern; überdies führen andere Methoden sicherer und einfacher zum Ziele. Man kann nämlich bei rechtwinkliger Stellung der Tubusachse gegen den Objekttisch ein Objekt mit demselben Objektiv von zwei Seiten betrachten und photographiren, wenn man ein Mal die

¹⁾ *De visione perfecta sive de amborum visionis axium concursu in eodem objecti puncto.* Paris 1678.

²⁾ Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie Bd. XIV, 1897, S. 5 u. S. 289.

³⁾ Quarterly Journal of microscopical Science Bd. II S. 290. London 1854.

linke, das andere Mal die rechte Hälfte des Objektivs abblendet¹. Man arbeitet in diesem Falle eigentlich mit zwei Objektiven, deren optische Achse durch die Schwerpunkte der äquivalenten Linsenhälften gehen. Die beiden Hälften des Objektivs wirken in diesem Falle vollkommen unabhängig von einander; die von ihnen gelieferten Bilder erzeugen, sobald man sie im Stereoskop richtig vereinigt, durchaus den Eindruck des Körperlichen.

MOITESSIER bringt die halbe Blendung dicht vor der Frontlinse des Objektivs an; er befestigt dieselbe unten an einem Messingrohr, welches auf ein zweites Messingrohr derart aufgesteckt wird, dass es sich um letzteres leicht drehen lässt. Ein an dem inneren Rohre eingeschraubter Stift erlaubt dem mit einem halbkreisförmigen Schlitz versehenen äusseren Rohre genau eine halbe Drehung. Das innere Rohr passt über das Objektiv hinweg auf das untere Ende des Tubus. Bei recht schwachen Objektiven soll es statthaft sein, die Hälfte der hinteren Linse des Objektivs mit einer schwarzen Pappscheibe zu bedecken und nach der ersten Aufnahme das Objektiv in der Schraubenverbindung mit dem Tubus eine halbe Drehung machen zu lassen. Da hierdurch die Einstellung verändert wird, so muss für das zweite Bild nochmals eingestellt werden. Die Brauchbarkeit seiner Methode beweist MOITESSIER aufs Schlagendste durch ein seinem Lehrbuche beigegebenes vorzügliches Mikrostereogramm.

Nach FRITSCH² ist es unvortheilhaft, die halbe Blendung vor der ersten brechenden Fläche des Objektivs anzubringen. Denn abgesehen davon, dass dieselbe hier von der Ebene der äquivalenten Linse zu weit entfernt läge, würde die Kante bei dem geringeren Durchmesser und grossen Oeffnungswinkel der unteren Linsen einen störenden Einfluss ausüben. FRITSCH bringt daher die Blende im Objektiv selbst an und erreicht den Wechsel der Stellung durch Drehung desselben. Zu dem Zwecke wird das Objektiv nicht direkt dem Tubus des Mikroskops angefügt, sondern mit Hilfe einer kleinen, in einer äusseren Hülse sich drehenden Scheibe. Die Hülse trägt das Gewinde zum Ansatz an den Tubus, die Scheibe das Gewinde zur Aufnahme des Objektivs. Um das nachherige Abschrauben des Objektivs zu erleichtern, empfiehlt es sich, eine kleine federnde Rast anzubringen, durch deren Festdrücken von aussen man die Drehung der Scheibe aufhalten kann. So arbeitet

¹⁾ MOITESSIER a. a. O. S. 148.

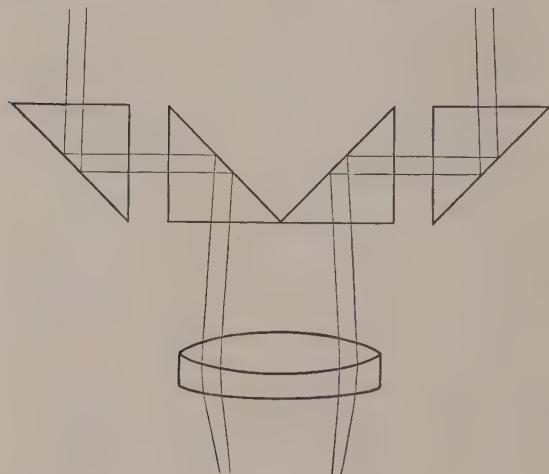
²⁾ FRITSCH, Ueber das stereoskopische Sehen im Mikroskop und die Herstellung stereoskopischer Mikrotypien auf photographischem Wege: Festschrift zur Feier des hundertjährigen Bestehens der Gesellschaft naturforschender Freunde zu Berlin S. 93. Berlin 1873.

man stets mit der gleichen Hälfte des Objektivs, welche ein' Mal links, das andere Mal rechts steht, hat also auch sicher dieselbe Lichtmenge und, wenn die Scheibe genau gearbeitet ist, denselben Fokus. Ueber den Grad der erzielten Verschiebung kann man sich leicht unterrichten, wenn das System gedreht wird unter gleichzeitiger Beobachtung eines in den Fokus gebrachten Objektes; man erkennt alsdann das eigen-thümliche Wandern der Umrisse, deren einzelne Punkte kleine Kreise beschreiben.

Die zur Erzeugung stereoskopischer Wirkung nothwendige Theilung des Lichtkegels lässt sich auch durch Prismen erreichen. Derartige

Versuche wurden zuerst von dem Amerikaner

RIDDELL¹ im Jahre 1853 vorgenommen, welcher oberhalb der letzten brechenden Fläche des Objektivs vier total reflektirende Prismen anbrachte. Nebenstehende Skizze (Figur 54) veranschaulicht den auf diese Weise erzeugten Gang der Lichtstrahlen. Die vier Prismen ruhen in



54

einem Messinggehäuse, welches zwei Mikroskoprohre trägt (Figur 55). Die Strahlen, welche die rechte und die linke Hälfte der Objektivlinse passiren, entwerfen also gesonderte Bilder.

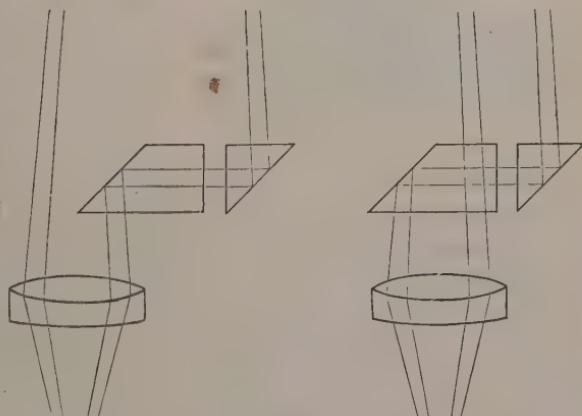
Um die durch das bildumkehrende Okular herbeigeführte pseudoskopische Wirkung, d. h. das Erscheinen der Gegenstände als Vertiefung, die in Wirklichkeit Relief sind, aufzuheben, ersann NACHET verschiedene Vorrichtungen. Von diesen ist die in Figur 56 dargestellte die sinnreichste, da sie die Möglichkeit gewährt, den Gang der Lichtstrahlen zu verändern: das eine der beiden Prismen stellt ein Trapezoïd dar, welches man sich aus einem quadratischen und einem rechtwinkligen Prisma verschmolzen denken kann; das andere ist ein gewöhnliches

¹⁾ American Journal 1853, Juni. — Quarterly Journal of microscopical Science [London] October 1853, no. 5.

rechtwinkliges Prisma. Je nach Stellung der Prismen tritt verschiedene Wirkung ein; befindet sich das Trapezoïd in seiner ganzen Ausdehnung über der Linsenöffnung, so werden die von der linken Hälfte des Objektivs herrührenden Strahlen von der total reflektirenden Fläche des Trapezoïds auf das zweite Prisma geworfen und steigen, von diesem aufs Neue reflektirt, im rechten Tubus auf. Die von der rechten Hälfte des Objektivs kommenden Strahlen gelangen dagegen ungebrochen in den linken Tubus. Schiebt man das Trapezoïd so weit vor, dass die spitzwinklige Kante desselben über der Halbirungsebene des Objektivs steht, so gehen die linksseitigen Strahlen ohne Brechung zum linken Auge; die rechtsseitigen treffen dagegen auf die total reflektirende Hypotenusefläche, und gelangen, nachdem sie auch im zweiten Prisma gebrochen sind, ins Auge. In dem bildumkehrenden, zusammengesetzten Mikroskop erhält man bei der zweiten Anordnung der Prismen pseudoskopische, bei der ersten dagegen stereoskopische Bilder.

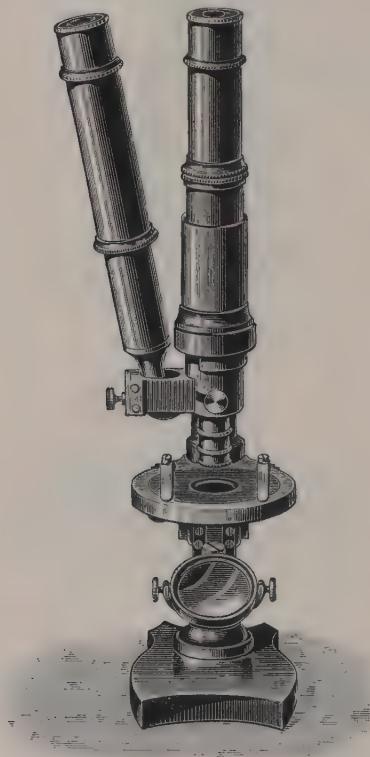


55



56

Für die soeben besprochenen Prismen konstruierte NACHET ein eigenes Mikroskop, bei dem die Anordnung der Tuben nicht symmetrisch ist (Figur 57). Ein Tubus steht senkrecht über der Mitte des Objekttisches; der andere zweigt sich im spitzen Winkel dort ab, wo unmittelbar über dem Objektiv das Messinggehäuse für die Aufnahme der Prismen angebracht ist. Durch einen vorstehenden Knopf kann man die Prismen in der oben beschriebenen Weise verschieben.



57

Von den verschiedenen, zur Erzeugung stereoskopischer Wirkung empfohlenen Anordnungen erwähnen wir nur noch das stereoskopische Okular nach ABBE (Figur 58). Die Theilung der vom Objektiv kommenden Strahlbüschel erfolgt am oberen Ende des Tubus durch theilweise Reflexion an einer dünnen Luftsicht *c* zwischen zwei an einander liegenden Glasprismen. Die geradlinig hindurchtretenden Strahlen gelangen in ein in der Achse des Tubus stehendes Okular *O*, die reflektirten dagegen vermöge nochmaliger Reflexion durch das Prisma *C* in ein zweites Okular *P*, dessen Achse unter 14° gegen die Tubusachse sich neigt. Stereoskopisches Sehen tritt nur dann ein, wenn die Strahlbüschel durch Halbdiaphragmen über den Okularen halbiert werden.

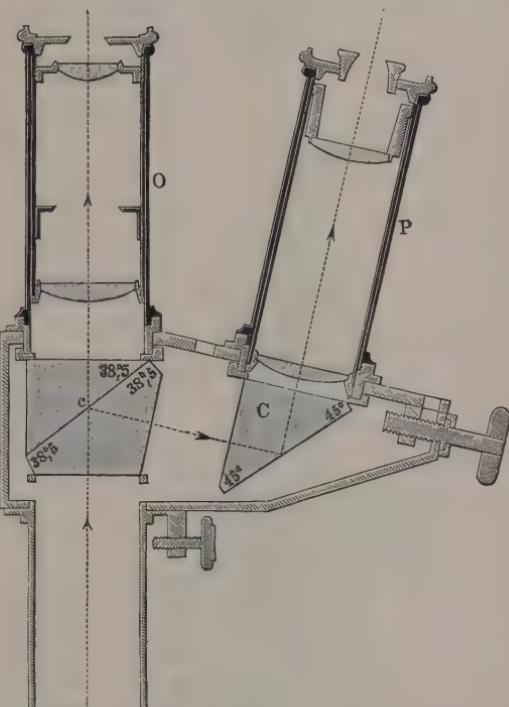
Zur Herstellung stereoskopischer Mikrophotogramme kann man nun, wie dies schon vor beinahe drei Jahrzehnten durch JULES DUBOSQ geschah, die durch eine Scheidewand in zwei Hälften getheilte Kamera direkt an ein binokulares Mikroskop (Figur 55) ansetzen und mit Hilfe von Projektions-Okularen beide Hälften gleichzeitig oder nach einander exponiren. Hierbei ist gleichgültig, ob die Prismen-Anordnung für die Okularbeobachtung pseudoskopische oder stereoskopische Bilder liefert, da das Endresultat nur von dem richtigen Aufkleben der Photogramme

abhängt. Bei dem in Figur 54 veranschaulichten Gang der Strahlen hat man den Vortheil vollkommener Symmetrie. Die von beiden Hälften des Objektivs ausgehenden Strahlen legen einen ganz gleichen Weg zurück, haben daher auch gleiche Grösse und Helligkeit der Bilder zur Folge. Bei dem stereoskopischen Mikroskop nach NACHET (Figur 57) ist es wegen der ungleichen Länge des Weges, welchen die Strahlen in beiden Tuben zu durchlaufen haben, angezeigt, ein Bild nach dem anderen zu fertigen und nur den senkrechten Tubus zu benutzen, in welchem man durch Verschiebung der Prismen nach Belieben das dem rechten oder dem linken Auge angehörende Bild erzeugt.

Bei Benutzung des ABBE'schen stereoskopischen Okulars (Figur 58) müsste man die Okulare O und P durch Projektions-Okulare ersetzen und über denselben Halbdiaaphragmen anbringen. Wegen

der Winkelstellung der Okulare hat die Kamera bei den nach einander zu erfolgenden Aufnahmen ihren Platz zu wechseln, damit jedes Mal ihre Längsachse mit der optischen Achse des Okulars zusammenfällt.

Den bisher besprochenen Methoden zur Erzielung stereoskopischer Mikrophotogramme haften wesentliche Nachtheile an. Schon MOITESSIER (a. a. O. S. 147) weist darauf hin, dass man bei Gebrauch der Prismen wohl mit auffallendem, nicht aber mit durchfallendem Licht brauchbare Bilder erhält: in den mit durchfallendem Licht gefertigten Photogrammen machen sich seltsame, den körperlichen Eindruck fast gänzlich



58

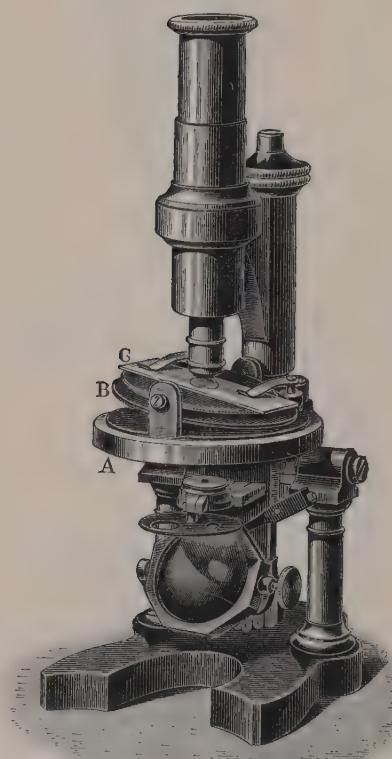
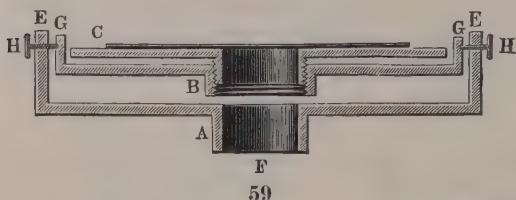
aufhebende Wirkungen bemerkbar. Die nicht völlige Gleichheit der beiden Linsenhälften und die Schwierigkeit, ebene Prismenflächen zu schleifen, mögen hierbei eine Rolle spielen. Um diese Uebelstände zu

vermeiden, bildete man andere, im Folgenden zu beschreibende Methoden aus. Nur in vereinzelten Ausnahmefällen wird man auf eine der bisher be-

schriebenen Methoden zurückgreifen, dann nämlich, wenn es darauf ankommt, die beiden zusammengehörigen Aufnahmen gleichzeitig zu machen, also bei stereoskopischen Momentaufnahmen beweglicher Objekte. Am besten wird sich hierfür das GREENOUGH-ZEISS-sche Doppeltubus-Mikroskop (s. S. 162) eignen, welches man mit den in dem Abschnitte über Augenblicks- und Reihenaufnahmen (s. S. 149 u. f.) beschriebenen Hilfsmitteln für Augenblicksphotographie zu verwenden hätte.

v. BABO schlug im Jahre 1861 vor, den Objektträger mittels eines kleinen Pappstreifens erst auf der einen und dann auf der anderen Seite etwas zu erhöhen. Dann konstruierte derselbe, um die Neigung des Objektes gegen die Achse des Mikroskops bequem ändern zu können, eine kleine Wippe aus

Messingblech, die mit etwas Wachs auf dem Objekttische befestigt wurde. Durch dieselbe ist eine Neigung des Objektträgers nach beiden Seiten hin um etwa 5° möglich.



Die später von MOITESSIER (a. a. O. S. 153) angegebene stereoskopische Wippe (Figur 59) ruht auf einer runden Platte *A*, welche in ihrer Mitte von einer kreisrunden Oeffnung durchbohrt ist, an die sich der genau in die Oeffnung des Objekttisches passende Tubus *F* anschliesst. In den Endpunkten eines ihrer Durchmesser trägt die Platte *A* zwei senkrechte Ständer *E* mit den Zapfen *H*, um welch letztere eine zweite, runde, mit den Ständern *G* versehene Platte *B* drehbar ist. Auch die Platte *B* ist in der Mitte durchbohrt und trägt hier ein kurzes Rohr, in welchem sich das centrale Rohr einer dritten runden Scheibe *C* mittels eines Schraubengewindes auf- und abbewegt. Auf der Platte *C* befestigt man den Objektträger mit Klemmfedern. Zwei in der Abbildung nicht sichtbare Federn halten, wie Figur 60 zeigt, die Platte *B* in geneigter Stellung. Platte *A* muss auf dem Objekttisch so befestigt sein, dass sie sich in dem Loche desselben nicht drehen kann. Wenn dieser Apparat auf dem Tische des Mikroskopes angebracht ist, so liegt der Objektträger, also auch das Objekt, unter dem Objektiv nicht wagerecht, sondern bildet mit der wagerechten Ebene einen Winkel, dessen Grösse abhängt von der Höhe der Achse *H* über der Platte *A* und von dem Durchmesser der Platte *B*. Nachdem nun bei schiefer Stellung der Wippe das erste Bild aufgenommen ist, neigt man die Platte *B* um den gleichen Winkel in entgegengesetzter Richtung und macht dann die zweite Aufnahme. Die beiden so erhaltenen Bilder entsprechen, wenn ein passender Winkelunterschied gewählt war, den Anforderungen vollkommen und zeigen im Stereoskop betrachtet ein deutliches Relief.

Bei Anwendung der Wippe hat man besonders darauf zu achten, dass die Oberfläche des abzubildenden Objektes genau in die Ebene der Drehungssachse *H* fällt. Ist dies nicht der Fall, so verändert das Objekt bei Drehung der Wippe seine Lage und könnte bei Benutzung starker Objektive selbst ganz aus dem Gesichtsfelde verschwinden. Um diesem Uebelstande vorzubeugen, ist das an der Platte *C* befestigte Rohr in dem Rohre der Platte *B* mittels eines Schraubengewindes beweglich. Man kann daher je nach der Dicke des Objektträgers die Platte *C* heben oder senken, so dass die Ebene des Objektes in jedem Falle genau mit der Drehungssachse *H* zusammenfällt. Am besten nimmt man diese Korrektion an der Platte *C* bei wagerechter Stellung der Platte *B* vor.

Das einfachste Mittel, die Wippe unter verschiedenen Winkeln zu fixiren, besteht in der Anwendung eines keilförmigen Messingstückes, welches unter den der Platte *A* aufliegenden Theil der Scheibe *B* untergeschoben wird, und dessen weiteres Vorschieben zunächst eine

Verminderung der Neigung, dann eine Wagerechtstellung der Platte *B* und endlich eine Neigung nach der entgegengesetzten Seite hin bewirkt, indem die zwischen den Platten *A* und *B* auf der anderen Seite befindlichen Federn mehr und mehr zusammengedrückt werden.

Der Winkel, um welchen man das Objekt zwischen den beiden Aufnahmen dreht, muss eine jedem bestimmten Falle angemessene Grösse haben. Für mittelstarke Objektive eignet sich ein Winkel von 7 bis 8°, während man ihn bei ganz schwachen Systemen bis auf 12° vergrössern, bei Anwendung starker Objektive dagegen bis auf 4 oder 5° verkleinern wird. Mittels des keilförmigen Messingstückes kann man innerhalb gewisser Grenzen den Winkel verändern und durch einige auf dem Keile angebrachte Marken bezeichnen, welche Stellung desselben einem Winkel von bestimmter Grösse entspricht. Statt dieses Keils und der auf der anderen Seite befindlichen Federn könnte man, wie MOITESSIER meint, auch auf beiden Seiten der Scheibe *B* Schrauben anbringen, die gegen die Platte *A* drücken und so die Neigung bewirken.

Die Einstellung des Bildes erfordert bei Anwendung der Wippe besondere Vorsichtsmassregeln. Nachdem zuerst die Platte *B* mittels des Keils wagerecht gestellt ist, wird der aufzunehmende Theil des Objektes ins Gesichtsfeld gebracht und das ganze Objekt durch die drehbare Platte *C* genau in die Ebene der Achse *H* gehoben. Dass dies erreicht ist, erkennt man leicht daran, dass bei verschiedener Neigung der Wippe das Gesichtsfeld sich nicht verändert.

Nach diesen Vorbereitungen wird die Platte *B* bis zu einem angemessenen Winkel geneigt und die erste Aufnahme vollzogen. Nur selten bleibt, nachdem man dann die Platte *B* nach der entgegengesetzten Seite um den gleichen Winkel geneigt hat, die Einstellung des Bildes hinreichend scharf, um ohne Weiteres die zweite Aufnahme vornehmen zu können. Der Theorie nach dürfte ein solcher Unterschied nicht eintreten; in der Praxis aber kommt nach MOITESSIER durch die unvermeidliche Abnutzung der Achsen und durch die beim Wechsel der Neigung stattfindende Erschütterung fast immer eine geringe Veränderung der Einstellung zu Stande. Man muss daher vor der zweiten Aufnahme von Neuem einstellen und hat dabei sorgfältig darauf zu achten, dass sich genau die gleiche Stelle des Objektes im Gesichtsfeld befindet.

Starke Objektive mit kurzem Fokalabstande sind für die soeben beschriebenen Arbeiten nicht verwendbar, da ihre breite Messingfassung ein Neigen der Platte *B* nicht zulassen würde.

Ein Uebelstand besteht darin, dass man, da die Objekte dem Objektiv gegenüber eine schiefe Stellung einnehmen, eigentlich immer

nur für einen kleinen Theil des Gesichtsfeldes scharf einstellen kann. Da aber der nothwendige Winkelunterschied mit dem Anwachsen der Vergrösserung abnimmt, so kommt es selten vor, dass man mit der Wippe befriedigende Bilder nicht zu erzeugen vermag.

Die Wirkung der Schrägstellung des Präparates durch Schrägstellung der Kassette aufheben zu wollen — wie dies JESERICH¹ vorschlug — führt nicht zum Ziele. Neigt man nämlich das Präparat auch nur um 4 oder 5° gegen die Ebene des Objekttisches, so müsste die Platte in einem Winkel von 45° bis beinahe 90° gegen dieselbe Ebene geneigt sein, um annähernd die Wirkung der Schrägstellung des Präparates aufzuheben. Daher ist die Sache in der Praxis unausführbar. Die von JESERICH (a. a. O. S. 114) abgebildete Kamera mit schräg zu stellender Platte gestattet eine Neigung von nicht mehr als 12°. Es scheint demnach, dass der völlig irrite Gedanke vorgelegen habe, man brauche die Platte dem Objektträger nur parallel zu stellen, um von Rand bis zu Rand scharfe Bilder zu erhalten. Nebenbei sei noch erwähnt, dass bei Projektion des Bildes allein mit dem Objektiv, ohne Okular, die Neigung des Objektträgers und der Platte eine entgegengesetzte, bei Anwendung des aufrechten Bildes liefernden Projektions-Okulars dagegen eine nach derselben Seite hin erfolgende sein müsste.

Mit Hilfe der Wippe erhält man auch bei durchfallendem Licht Aufnahmen, die sich im Stereoskop zu einem körperlichen Bilde vereinigen lassen.

Die von FRITSCH konstruirte stereoskopische Wippe besitzt vor der soeben beschriebenen Vorrichtung gewisse Vorzüge.² Um die Lage der Drehungssachse in genaue Uebereinstimmung mit der optischen Achse des Systems zu setzen, bringt FRITSCH eine besondere Korrektion an. Trifft die optische Achse nicht die Mitte der Drehungssachse, liegt letztere also nicht genau in der Mittellinie des aufzunehmenden Gesichtsfeldes, so erhält man überhaupt nicht stereoidentische, im Stereoskop zu vereinigende Bilder. Hat man die Wippe dem Objekttisch so genau angefügt, dass bei Anwendung eines bestimmten Objektivs die Drehungssachse von der optischen Achse geschnitten wird, so ist dies keineswegs bei allen anderen Objektiven nun auch der Fall.

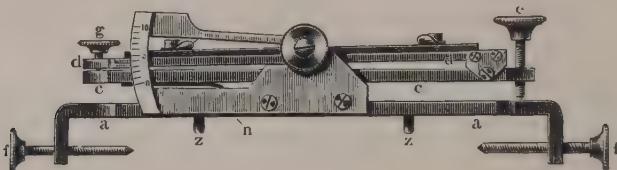
Die Fussplatte *a* der Wippe von FRITSCH (Figur 61) besteht aus zwei in sich verschiebbaren Rahmen, von denen der innere, in der

¹⁾ JESERICH, Die Mikrophotographie S. 113.

²⁾ Festschrift zur Feier des 100jährigen Bestehens der Gesellschaft naturforschender Freunde zu Berlin, Berlin 1873, S. 89. Vergl. hierzu auch den Aufsatz von FRITSCH über „photographische Stereogramme in vergrössertem Maasse“: Internationale medicinisch-photographische Monatsschrift Bd. II, 1895, S. 289.

Figur nicht sichtbare, mit zwei Zapfen z in entsprechende Löcher des Objekttisches eingreift und daher unbeweglich ist. Der äussere lässt sich dagegen durch die beiden Schrauben f in wagerechter Richtung verschieben. Die drehbar aufgesetzte Platte c bewegt sich durch die senkrechte Schraube e auf- und abwärts, während zwei unten angebrachte Sperrfedern n den sicheren und gleichmässigen Gang reguliren. Das seitlich angebrachte Stück eines Theilkreises erlaubt die Drehungsgrösse zu bestimmen. Die obere Platte ist wiederum doppelt, so dass der Theil d durch die Schraube g gehoben oder gesenkt werden kann; sie dient zur Korrektion der Dicke des Objekträgers¹⁾.

Die Arbeit mit der Wippe geht in der Weise vor sich, dass man sich durch ein möglichst genau in der Drehachsachse ausgespanntes feines Haar, deren ungefähre Lage andeutet und so den Apparat auf dem Objekttisch im Groben einstellt. Auf dem Apparat wird nun mittels der Klemmfedern ein Objekträger von der auch später zu



61

benutzenden Dicke befestigt, auf welchem mit dem Diamant senkrecht zur Längsrichtung einige Parallellinien eingeschnitten sind. Bringt man die mittelste davon in die Mitte des Gesichtsfeldes und beobachtet die Linien unter gleichzeitiger Bewegung der senkrechten Schraube durch das Mikroskop, so lässt sich durch das Verschwinden derselben aus dem Fokus leicht feststellen, welche Lage die Drehachsachse zur optischen Achse hat. Fällt die Mitte des Gesichtsfeldes mit der Drehachsachse zusammen, so macht eine Veränderung in der Neigung der Wippe keine neue Einstellung für die mittlere Linie nothwendig. Durch Benutzung der Korrekturen lassen sich Abweichungen leicht ausgleichen. Bei der Aufnahme selbst wird nach FRITSCH nur ein Mal eingestellt, da das Umlegen der Wippe zwischen dem Exponiren der beiden Bilder für das mittlere Gesichtsfeld keinen Unterschied ergeben darf.

¹⁾ Eine nach den Angaben von FRITSCH konstruirte Wippe wird durch den Universitätsmechaniker OEHMKE in Berlin (Dorotheen-Strasse 35) zum Preise von 36 Mark in den Handel gebracht.

Arbeitet man in dieser Weise, so gewinnt man brauchbare Resultate, welche die Anwendbarkeit des Verfahrens gegenüber den theoretischen Bedenken ausser Zweifel stellen. Von solchen Bedenken ist nach FRITSCH wohl keins schwerer wiegend, als der sachlich begründete Einwand, dass man durch Annäherung oder Entfernung der identischen Bildhälften mit Nothwendigkeit in dem einen Falle eine Vergrösserung, im anderen eine Verkleinerung der zu vereinigenden Bilder herbeiführt und so stereoidentische Aufnahmen nicht erzielt. Abgesehen von dem thatsächlichen Beweis der Möglichkeit kann man gegen diesen Einwand geltend machen, dass die Lageveränderung des Objektes gegen das optische System zu geringfügig ist und zu sehr in das seitliche Gesichtsfeld gehört, um einen störenden Einfluss auszuüben.

Nach FRITSCH lassen sich allgemein gültige Angaben über die vortheilhafteste Neigung der Wippe nicht machen. Vielmehr hat der Photograph je nach der Vergrösserung sowie nach der Beschaffenheit der Objekte durch praktischen Takt darüber zu entscheiden, wie stark er neigen darf. In der Entfernung des deutlichen Sehens beträgt der optische Winkel der Sehachsen ungefähr 20° ; ebenso viel Grade sind auch auf dem Kreisbogen der Wippe eingetragen. Indessen ist dies mehr, als man unter gewöhnlichen Verhältnissen braucht und die Objekte wegen der eintretenden Bildzerrungen zu gestatten pflegen. Die Hälfte dieser Schwankung, also 10° , ist meist ausreichend, um genügende Verschiebung zu ergeben. Bei stärkeren Objektiven, wo die Kürze des Fokus hindernd in den Weg tritt, muss man sich mit geringerer Neigung begnügen. Dasselbe gilt, wenn das Bild weit in das seitliche Gesichtsfeld hineinreicht und man diese Theile mit berücksichtigen muss.

Einer Wippe von ungewöhnlicher Grösse bediente sich SPALTEHOLZ¹ bei seinen Arbeiten über die Arterien der menschlichen Haut. Die grossen Ausmessungen der Wippe wurden nötig wegen der bei nur schwächsten Vergrösserungen (1,2 bis 6) aufgenommenen, grossen Präparate.

Man versuchte auch durch Verschieben des Objektes in das rechte und linke seitliche Gesichtsfeld zu stereoskopischen Mikrophotogrammen zu gelangen. In grösserer Masse ist solche Verschiebung natürlich nur bei schwachen Objektiven möglich. Benutzt man beispielsweise ein Objektiv von 2 cm Brennweite der äquivalenten Linse, so lassen sich kleine Objekte höchstens um 2 mm nach rechts und links vom Mittelpunkte des Gesichtsfeldes verschieben. Man erhält auf diesem Wege wie bei der Wippe einen optischen Winkel von 10° für die

¹⁾ Prof. W. SPALTEHOLZ, Die Arterien der menschlichen Haut. Leipzig 1895, Veit & Co.

beiden nach einander aufzunehmenden Bilder. Der scheinbare Vortheil, dass die Oberfläche des Objektes dabei senkrecht zur optischen Achse des Objektivs verbleibt, erweist sich in der Praxis als ein Nachtheil, indem die perspektivische Verschiebung zu einer so geringen wird, dass die Aufnahmen im Stereoskop flach bleiben. Die Methode der Verschiebung ins seitliche Gesichtsfeld ist nach FRITSCH (a. a. O. S. 92) nur dann anwendbar, wenn in der auf S. 163 beschriebenen Weise erst die eine und dann die andere Hälfte des Objektivs abgeblendet wird. Dr. LAKER¹ in Graz erzielte bei ganz schwachen Vergrösserungen (4-10) durch Verschieben des Objektes in das seitliche Gesichtsfeld Bilder von vorzüglicher stereoskopischer Wirkung, ohne dass er bei der Aufnahme das Objektiv zur Hälfte abblendete.

Zur Erreichung stereoskopischer Wirkung stellt v. BABO ohne Aenderung der Lage des Objektträgers und ohne Theilung des Objektivs bei der zweiten Aufnahme auf tiefer gelegene Theile des Präparates ein, als bei der ersten. Neuerdings ist dasselbe Verfahren wieder von HANSEMANN² und von BORDEN³ empfohlen. Die hierdurch gewonnenen Bilder machen jedoch, im Stereoskop betrachtet, keinen vollkommen körperlichen Eindruck.

Ein Verfahren, welches mit der stereoskopischen Wippe Aehnlichkeit hat, beschreibt Dr. W. GEBHARDT⁴. Dasselbe ist aber nur bei schwacher Vergrösserung verwendbar: Auf einem Grundbrettchen liegt, mit letzterem mittels eines durch ihren Mittelpunkt gehenden Nagels befestigt, eine runde Holzscheibe; neben ihrem Rande ist ein Stift in das Grundbrettchen eingeschlagen; derselbe dient als Index zu einer Gradtheilung, die man an einer Stelle des Scheibenrandes in einer Ausdehnung von 15 bis 20° aufgezeichnet hat. Die nothwendigen Winkelverschiebungen schwanken von 6 bis 15°. Je stärker die Vergrösserung, desto geringer ist die Winkelverschiebung. Das aufzunehmende Objekt wird auf der drehbaren Scheibe so befestigt, dass es sich vom Centrum der Scheibe hauptsächlich nach hinten und nach den Seiten hin ausbreitet. Die Einstellung erfolgt in der Mittelstellung zwischen den beiden Aufnahmestellungen. Nachdem die erste Aufnahme geschehen ist, wird die Scheibe für die zweite um einen bestimmten Betrag gedreht. Bei der zweiten Aufnahme bietet das Objekt also dem Objektiv

¹⁾ EDER's Jahrbuch für 1893 S. 297.

²⁾ Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin Jahrgang 1892-1893 No. 4 u. 5.

³⁾ Stereoscopic Photomicrography: American microscopical Journal Bd. XIV, 1894, S. 329.

⁴⁾ Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie Bd. XIII, 1896, S. 419.

eine andere Ansicht dar. Die Projektionssysteme 35 und 70 mm von ZEISS lassen sich hierfür gut verwenden. Handelt es sich um Aufnahme undurchsichtiger Objekte, so ist es vortheilhaft, den Objekten einen kleinen, auf der Drehscheibe gleichfalls Platz findenden Hintergrund zu geben. Aufgespiesste Insekten steckt man mit der Nadel erst durch ein Stück Papier und dann wagerecht in einen auf der Drehscheibe excentrisch aufgestellten Kork, so zwar, dass das kleine Objekt senkrecht über dem Mittelpunkte der Drehscheibe steht. Objekte in Flüssigkeiten stellt man in Küvetten auf die Drehscheibe.

Das sinnreichste und zugleich einfachste Verfahren zur Herstellung stereoskopischer Mikrophotogramme (bis zu den stärksten Vergrösserungen) ist ebenfalls von Dr. W. GEBHARDT¹ angegeben. Voraussetzung bleibt hierbei Anwendung eines ABBE'schen Beleuchtungsapparates. Mit Hilfe der unterhalb des letzteren angebrachten Blende regelt GEBHARDT die Beleuchtung derart, dass bei der einen Aufnahme das Licht von rechts, bei der anderen von links auf das Präparat einschießt. Das Verfahren ähnelt demjenigen der halben Blende von MOTESSIER, nur dass hier die halbe Blende nicht am Objektiv, sondern an der Unterseite des Beleuchtungsapparates sich befindet. Die Regelung der Beleuchtung findet in der schon wiederholt beschriebenen Weise so statt, dass man nach Einstellung des aufzunehmenden Präparates das Okular aus dem Tubus entfernt und sich davon überzeugt, wie viel und welcher Theil von der freien Oeffnung des Objektivs mit Licht erfüllt ist. Mit Hilfe der am Beleuchtungsapparat angebrachten Blende verkleinert man den Lichtkegel dergestalt, dass er ungefähr den dritten Theil der freien Oeffnung des Objektivs ausfüllt (Figur 62a). Nunmehr rückt man die Blende aus ihrer centralen Stellung an die Peripherie (so dass also auch der im Tubus sichtbare helle Lichtkreis an die Peripherie des Objektivs wandert, Figur 62b) und macht die erste Aufnahme. Für die zweite Aufnahme bringt man die Blende an die entgegengesetzte Seite der Peripherie des Beleuchtungsapparates (Figur 62c).

Dass durch den Wechsel der Blendenstellung in der That die Voraussetzungen zum Zustandekommen eines stereoskopischen Bildes gegeben sind, davon kann man sich leicht überzeugen, wenn man bei der Okularbeobachtung diesen Wechsel vornimmt. Man sieht dann, dass sich das Objekt hierbei so verändert, als ob man es auf der stereoskopischen Wippe hin- und herbewegt.

Die beiden Stellungen der Blende im Beleuchtungsapparat müssen so gewählt werden, dass die Wirkung möglichst günstig ist. Die Ver-

¹) Photographische Rundschau 1897 Heft 11 S. 334 und Heft 12 S. 387.

schiebung darf weder zu gross, noch zu klein sein. Bei der Verschiedenheit der Bedingungen lassen sich bestimmte Regeln hierfür nicht geben. Ein breiterer Beleuchtungskegel erfordert auch grössere Verschiebung.

Bei der Okularbeobachtung tritt bald gewisse Uebung ein, die das günstigste Verhältnis leicht finden lässt.



a



b



c



d



e



f

62

Die Verschiebung der Blendenöffnung ist ferner in der Weise möglich, wie dies Figur 62*d* zeigt. Bei der Okularbeobachtung wird man auch während dieser Drehung eine der oben beschriebenen ähnliche Veränderung des Objektbildes beobachten. Hierbei muss man eine Vorsichtsmassregel im Auge behalten, deren Nichtbeachtung pseudostereoskopische Wirkung erzeugt. Bei einer Blendenstellung, wie sie Figur 62*d* veranschaulicht, sind nämlich vordere und hintere Hälfte des Gesichtsfeldes zur Beleuchtungsrichtung nicht symmetrisch gelegen: Bei Diatomeenaufnahmen würde der Schatten eines Knopfes einmal nach links oben, das andere Mal nach rechts oben fallen. Wir beurtheilen aber kleine Knöpfe oder Grübchen als solche nur aus den Schattenwirkungen, welche sie zeigen. Im Mikrostereogramm kann es daher leicht geschehen, dass man bei entgegengesetzter Stellung des Bildes zur Lichtquelle das eine Mal Knöpfchen, das andere Mal Grübchen mit überraschender Schärfe zu sehen glaubt. Man muss also bei den nach Art der Figur 62*d* aufgenommenen Bildern oben und unten unterscheiden, was bei den nach Art der Figur 62*b* und *c* aufgenommenen (wo die Lichtkegel diametral stehen) nicht nötig ist. Die richtige Stellung ist, da wir beim Betrachten von Bildern im Stereoskop unwillkürlich die Lichtquelle vor uns zu haben glauben, diejenige, bei der die Bilder so stehen, dass die bei der Aufnahme vorhandene Beleuchtungsrichtung im Bilde dieser Stellung der Lichtquelle entspricht.

Die in Figur 62*e* veranschaulichte Art der Blendenstellung muss überall dort angewendet werden, wo erhebliche Schiefe der Beleuchtung nothwendig ist, da in diesen Fällen diametrale Stellung der Blende keine stereoskopische Wirkung zur Folge hat, weil der Winkel, den die beiden Hauptstrahlen der Kegel mit einander bilden, viel zu gross ist (Figur 62*f*).

Durch vorzügliche Aufnahmen hat GEBHARDT bewiesen, dass seine Methode in Bezug auf Leistungsfähigkeit nichts zu wünschen übrig lässt. Das Merkwürdigste an ihr bleibt, dass es früher noch Niemand einfiel, sich dieser einfachsten und naturgemässtesten Methode zur Herstellung von Mikrostereogrammen zu bedienen. Die bei derselben sich ergebenden Vortheile sind kurz folgende: 1. Der ganze Betrag des Lichtkegels, der überhaupt vom Objektive unter den jeweiligen Bedingungen aufgenommen wird, kann ungeschmälert zur Entstehung des Bildes beitragen, da die Objektivöffnung selbst nicht (wie dies bei Anwendung von MOITESSIER's halber Blende der Fall ist) verringert wird; 2. Die Gründe fallen fort, welche die stereoskopische Wippe für den Gebrauch bei stärkeren Vergrösserungen unanwendbar machen, nämlich die Unmöglichkeit, überhaupt eine genaue Bewegung bei dem geringen freien Objektabstande stärkster Objektive in genügender Weise zu bewirken, ferner die Unannehmlichkeit, stets nur einen Streifen scharf einstellen zu können und endlich die grosse Entfernung des Objektes vom Beleuchtungsapparate.

Da man zu GEBHARDT's Methode keiner besonderen Apparate bedarf, so ist zu hoffen, dass die Herstellung stereoskopischer Mikrophotogramme sich endlich allgemeiner einbürgert.

7. Vorrichtungen bei Aufnahme von Eis- und Schneekristallen

Eis- und Schneekristalle können mit jedem mikrophotographischen Apparate aufgenommen werden. Es ist hierbei aber Einiges zu beachten, was wir im Folgenden kurz erörtern wollen.

Vor Allem muss die Aufnahme im Freien geschehen, oder in einem so kalten Raume, dass die Temperatur mehrere Grade unter dem Gefrierpunkte bleibt. Bringt man die feinen Krystalle in einen Raum, der auch nur um wenige Grade wärmer ist, als die Aussenluft, so zeigen dieselben grosse Neigung, sich zu verändern; überdies beschlägt der Objekträger, und das Präparat wird unbrauchbar.

Hält sich die Temperatur nicht mehr als 1 bis 2 Grade unter dem Gefrierpunkte, so treten unter dem Einflusse der Hand- und Körperwärme des Mikrophotographen bald Schmelzpunkte auf. Die besten

Aufnahmen gelangen dem Verfasser bei einer Temperatur von mindestens — 6° C.¹ Sobald die Krystalle einige Zeit gelegen haben, frieren sie zusammen und verändern durch Verdunstung ihre Gestalt. Man fange daher frisch fallenden Schnee auf dem Objektträger auf und mache sofort die Aufnahme. Die auffallenden Krystalle haften ohne Weiteres am Glase, auch wenn man den Objektträger zur Aufnahme senkrecht stellt. Einbettungsflüssigkeit und Deckglas sind nicht anwendbar. Da die Aufnahme ohne Deckglas geschieht, so wird man die hierbei mangelhafte Korrektion des Objektivs durch längeren Tubusauszug auszugleichen suchen. Uebrigens spielt diese Sache keine erhebliche Rolle, da immer nur schwache und mittelstarke Objektive in Frage kommen.

Als Lichtquelle kann man zerstreutes, durch einen Spiegel auf das Präparat geworfenes Himmelslicht benutzen. Da dasselbe aber während eines Schneefalles sehr wenig wirksam ist, so wird man meist zu einer künstlichen Lichtquelle (Petroleumlicht, Gaslicht) greifen. Dies bringt insofern Unannehmlichkeiten mit sich, als (selbst bei tiefster Lufttemperatur) das in die Objektebene projizierte Lichtbildchen eine derartige Erwärmung des Präparates zur Folge hat, dass die Krystalle sofort zu schmelzen beginnen. Einschaltung einer mit Wasser gefüllten Absorptionsküvette wird also nothwendig. Da das Wasser in der Küvette gefrieren würde, erwies sich eine Lösung von Kochsalz und Alaun als vortheilhaft. Diese Lösung bleibt je nach dem Grade ihrer Konzentration bis zu etwa — 15° C. flüssig.

Aufnahmen dieser Art fertigte zuerst A. SIGSON² in Sibirien Anfang 1892. Er fing (aus nicht zwingenden Gründen) die Krystalle nicht auf gläsernem Objektträger, sondern auf feinem Netzwerk von Seidenkokonfäden auf. Verfasser³ stellte eine grössere Anzahl von Schneekrystall-Aufnahmen im Dezember 1892 und Januar 1893 her. Wenige Wochen später beschäftigten sich G. NORDENSKJÖLD⁴ und Dr.

1) Dr. R. NEUHAUSS, Das Photographiren von Eis- und Schneekristallen: Photographische Rundschau 1894, Heft 1 S. 2.

2) Journal der russischen physiko-chemischen Gesellschaft, Mai-Heft 1892; Photographische Rundschau 1894 S. 227.

3) Sitzungsberichte der Gesellschaft naturforschender Freunde zu Berlin. Sitzung vom 17. Januar 1893. — Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie Bd. IX, 1892, S. 324. — Photographisches Wochenblatt 1893 No. 12, 21. März S. 93. — Prometheus 1893, No. 179. — Prof. HELLMANN, Schneekristalle, Beobachtungen und Studien S. 10 u. 59. Berlin 1893, Mückenberger. — Photographische Rundschau 1894 S. 226.

4) Geol. Fören. in Stockholm Förhandl. Bd. 15, 1893, H. 3 S. 146. — Comptes Rendus [Paris] 1893, 10. April S. 770.

A. MIETHE¹ erfolgreich mit demselben Gegenstande. MIETHE benutzte auch polarisiertes Licht. Im Winter 1894/1895 fertigte Hofphotograph FELIX NAUMANN² in Leipzig eine Reihe vortrefflicher Schneekristall-Bilder. Als Lichtquelle verwendete er zerstreutes, durch einen Spiegel reflektiertes Himmelslicht.

¹⁾ Prometheus 1893, No. 179 u. 180.

²⁾ Photographische Rundschau 1895 S. 155.

Sechster Abschnitt

Das negative Bild

Nach Besprechung der Apparate, mit deren Hilfe man das Bild des aufzunehmenden Objektes auf der Visirscheibe entwirft, wollen wir untersuchen, auf welche Weise das Bild festgehalten wird.

Die Sache verhält sich genau so, wie in der Porträt- und Landschaftsphotographie: Die Visirscheibe wird vertauscht gegen die in einer lichtdichten Kassette eingeschlossene, lichtempfindliche Platte. Die Kassette, welche sich durch Nichts von einer gewöhnlichen photographischen Kassette unterscheidet, ist so eingerichtet, dass die in ihr befindliche Platte während der Belichtung dort liegt, wo sich bei der Einstellung die Visirscheibe befand. Geringfügige, auf den Abstand vom Objekttische bezügliche Abweichungen beeinflussen, entgegen den Ansichten der meisten Autoren, bei mikrophotographischen Arbeiten die Schärfe des Bildes in keiner Weise. ZEISS¹⁾ beklebt z. B. die Mikroskopseite seiner Kassettenschieber mit weissem Papier, um, wie dies ehedem schon MOITESSIER that, das Bild auch von vorn auf der weissen Fläche betrachten zu können; natürlich befindet sich hierbei die Einstellebene um mehrere Millimeter dem Objekte näher, als die Platte, und doch machen sich nachtheilige Folgen nicht bemerkbar.

Um Platten von verschiedener Grösse in derselben Kassette verwenden zu können, konstruierte man Rahmen, welche in die Kassette eingelegt die kleineren Platten tragen. Die Platte muss auf alle Fälle — auch bei Aufnahmen mit der stereoskopischen Wippe (s. S. 171) — so gelagert sein, dass die optische Achse des Apparates auf ihrer Mitte senkrecht steht.

¹⁾ ZEISS, Special-Katalog 1888 S. 35.

1. Geschichtliches

Wir wollen nicht über die ersten Versuche der Herstellung lichtempfindlicher Platten eingehend berichten. Jedes Lehrbuch der Photographie giebt hiervon Kunde. Für uns gewinnt die photographische Platte erst in dem Augenblicke Bedeutung, wo sie für mikrophotographische Aufnahmen verwendet wurde. Letzteres geschah durch DONNÉ zu Paris im Jahre 1840, also kurz nach der Veröffentlichung des DAGUERRE'schen Verfahrens. Die Herstellung der Platten geschah damals nach DAGUERRE's Vorschrift folgendermassen: Durch Räuchern in Joddämpfen wird auf einer polirten Silberplatte oder versilberten Kupferplatte eine oberflächliche Schicht von Jodsilber erzeugt. Der Lichteindruck, den eine so behandelte Platte in der Kamera annimmt, ist nicht sichtbar; sobald man jedoch die Platte Quecksilberdämpfen aussetzt, erscheint das Bild in allen seinen Einzelheiten, denn das Quecksilber schlägt sich in feinen weissen Kugelchen nur an den Stellen nieder, auf welche das Licht gewirkt hat. Das Fixiren dieser Bilder, d. h. das Unempfindlichmachen gegen weitere Lichteindrücke, geschieht durch Einlegen der Platten in eine Lösung von unterschwefligsaurem Natron. Der geringen Empfindlichkeit und dem leichten Verderben der DAGUERRE'schen Platten half FIZEAU im Jahre 1841 dadurch ab, dass er die Silberplatte ausser Joddämpfen auch Bromdämpfen aussetzte, dieselbe also oberflächlich in Jod- und Bromsilber verwandelte, und dass er das durch Quecksilberdämpfe entwickelte Bild durch Auftragen einer schwachen Lösung von unterschwefligsaurem Golde verstärkte.

Auf diese Weise hergestellte Platten, die ein positives Bild zeigen, lassen sich nicht kopiren. Sollte daher eine Vervielfältigung vorgenommen werden, so war man genöthigt, nach dem Daguerreotyp einen Stich zu fertigen. Letzterem Uebelstände half ein Verfahren ab, welches FOX TALBOT in England kurz nach DAGUERRE's Entdeckungen veröffentlichte. TALBOT liess (1840) Papier zuerst auf einem Silverbade, dann auf Jodkaliumlösung schwimmen; endlich legte er dasselbe, um die Empfindlichkeit zu erhöhen, auf eine Lösung von Gallussäure und Essigsäure mit Silbernitrat. Belichtet man ein derart präparirtes Papier an Stelle der lichtempfindlichen Platte in der Kamera, so entsteht ein latentes Bild, welches sich durch Anwendung eines Entwicklers hervorrufen und durch Bromkalium fixiren lässt. Wir erinnern daran, dass schon im Anfange dieses Jahrhunderts DAVY in ganz entsprechender Weise mit Hilfe des Sonnenmikroskopes auf lichtempfind-

lichem Papier Bilder erzeugte. Leider verstand man damals nicht, das Bild festzuhalten; die überaus wichtige Sache wurde daher nicht weiter verfolgt.

Nach den TALBOT'schen Papier-Negativen konnte jede beliebige Anzahl von Kopien gefertigt werden. Ein Uebelstand machte jedoch die Erfindung für die Zwecke des Mikrophotographen beinahe völlig unbrauchbar: die faserige Beschaffenheit des Papiers liess beim Kopiren die feinen Einzelheiten des Bildes nicht mit genügender Schärfe hervortreten.

Einen grossen Fortschritt bedeutete daher die im Jahre 1847 durch NIEPCE DE ST. VICTOR vorgenommene Einführung von Glasplatten, die mit einer dünnen, jodhaltigen Eiweisschicht überzogen waren und durch Eintauchen in ein Silberbad lichtempfindlich gemacht wurden. In Folge seiner Durchsichtigkeit lieferte das Glasnegativ vortreffliche Positive. Weitere Vervollkommnungen brachte das Jahr 1851, wo man durch die Arbeiten von FREY und SCOTT ARCHER lernte, das Kollodium — eine Lösung von Schiessbaumwolle in Aether — für die Photographie nutzbar zu machen. Man überzog Plangläser mit Kollodium, in welchem Jodsalze aufgelöst waren, tauchte diese in eine Lösung von salpeter-saurem Silber und erhielt so auf der Glasplatte ein zartes, mit lichtempfindlichem Jodsilber getränktes Häutchen, welches in der Kamera belichtet, darauf entwickelt und fixirt Negative von ausserordentlicher Feinheit und Schärfe giebt. Das Kollodiumverfahren beherrschte die Photographie bis vor wenigen Jahren. Freilich haftete demselben der für den Mikrophotographen äusserst lästige Fehler an, dass die vor jeder Aufnahme frisch zu bereitenden nassen Platten bei längeren Expositionen in der Kassette trockneten und hierdurch unbrauchbar wurden. Um ein vorzeitiges Trocknen zu verhüten, kamen verschiedene Methoden in Anwendung: Zusatz hygroskopischer Salze zum Silberbade, Ueberziehen der fertig präparirten Platte mit Honig, Glycerin, Leinsamenschleim, Auflösung von Gelatine u. s. w.; doch waren dies Hilfsmittel, die entweder die Schönheit der Bilder beeinträchtigten oder den gerügten Fehler nur unvollkommen beseitigten. Das Bestreben der Forsscher richtete sich deshalb darauf, lichtempfindliche trockene Platten herzustellen, welche ihre Eigenschaften einige Zeit unverändert bewahrten. Den ersten Schritt auf diesem Wege that 1855 DESPRATS, welcher fand, dass ein mit geringem Harzzusatz versehenes Kollodium durch Abwaschen nach der Sensibilisirung zur trockenen Anwendung geeignet werde. Weitere Vervollkommnungen brachte das Kollodium-Albuminverfahren von TAUPENOT (1855): Die wie gewöhnlich kollo-dionirte und in einem essigsauren Silberbade sensibilisirte Glasplatte

wird sorgfältig abgewaschen, mit jodirtem Eiweiss überzogen und getrocknet. Eine so präparierte, nicht lichtempfindliche Platte lässt sich lange unverändert aufbewahren. Einige Tage vor dem Gebrauch wird sie im essigsauren Silberbade sensibilisiert und getrocknet. Wegen grösserer Unempfindlichkeit muss jedoch die Belichtung etwa 2- bis 3mal so lange dauern, als bei dem nassen Verfahren. Die Kollodium-Albuminplatten zeigen ausserordentlich feines Korn und fanden daher besonders bei nachträglicher Vergrösserung der Negative Verwendung.

Erhebliche Fortschritte machte das Trockenverfahren durch die Arbeiten des Major RUSSEL (1862), welcher im Tannin ein vortreffliches Mittel entdeckte, den Platten ihre Lichtempfindlichkeit zu bewahren: Die Scheiben werden in gewohnter Weise mit jodirtem Kollodium übergossen, in das Silberbad gebracht, nach sorgfältigem Abspülen mit einer 4% Tannin-Lösung übergossen und im Dunkeln getrocknet; so präpariert bewahren sie ihre Lichtempfindlichkeit länger als einen Monat.

Die grosse Unempfindlichkeit aller haltbaren Kollodiumplatten verwies den Mikrophotographen auf beinahe ausschliessliche Benutzung des Sonnenlichtes. Daher sah man sich — in unseren Breiten wenigstens — vielfach genötigt, auf das umständliche nasse Verfahren zurückzugreifen.

Mit einem Schlage änderte sich die Sache, als im Jahre 1878 in der Gelatine ein in jeder Beziehung zufriedenstellender Ersatz für das bis dahin fast ausschliesslich als Bildträger benutzte Kollodium gefunden wurde. Das Verfahren beruht im Wesentlichen auf der Silberung einer bromalkalihaltigen Gelatineauflösung. Hierdurch entsteht eine fälschlich Emulsion¹⁾ genannte Schüttelmixtur, in welcher Bromsilber fein vertheilt ist. Diese hochgradig lichtempfindliche Flüssigkeit wird auf Glasplatten gegossen, die getrocknet und bis zum Gebrauch in gut verschlossenen Behältern aufbewahrt, jahrelang brauchbar bleiben.

Die Bromsilbergelatine-Trockenplatten brachten sowohl in der Porträt- und Landschaftsphotographie, als auch in der Mikrophotographie gewaltige Umwälzungen hervor. Nunmehr konnte der Mikrophotograph seine ganze Aufmerksamkeit auf das Mikroskop richten, die Arbeit jederzeit unterbrechen und im geeigneten Augenblicke wieder aufnehmen. Das war früher anders: Hatte man Alles zur Aufnahme vorbereitet und die Kollodiumplatte sensibilisiert, so musste wohl oder übel sofort belichtet werden, gleichgültig, ob die Sonne begann sich

¹⁾ Unter Emulsionen versteht man Flüssigkeiten, in denen kleinste Fettkügelchen gleichmässig vertheilt sind. Davon ist in vorliegendem Falle keine Rede.

hinter Wolken zu verstecken oder ob vorüberfahrende Lastwagen den Apparat unaufhörlich in Schwingungen versetzten. Ein Abwarten von nur wenigen Minuten genügte, um den Erfolg in Frage zu stellen. Weitere, unschätzbare Vortheile brachte die hohe Empfindlichkeit der neuen Platten. Erst jetzt traten die künstlichen Lichtquellen in ihre vollen Rechte, auch diejenigen, welche wie die Gas- und Petroleum-lampe früher nur zu vereinzelten, schüchternen Versuchen herhielten.

Entsprachen die Erfolge den Erwartungen, welche man gerechter Weise an eine so bedeutsame Vereinfachung des Verfahrens knüpfte? Nein. Denn nunmehr stürzte sich ein Heer von Unberufenen auf die Mikrophotographie, welche nichts Eiligeres zu thun hatten, als „neue“ Apparate zu erfinden. Bis zu Negativen brachten es die Wenigsten, und diese Wenigen entblödeten sich nicht, ihre unscharfen, verschleierten Erzeugnisse zu veröffentlichen. Mancher Gelehrte mochte im Hinblick auf die vorzüglichen, nach nassem Verfahren hergestellten Aufnahmen von C. GÜNTHER, G. FRITSCH und R. KOCH das Jodsilber-Kollodium-Zeitalter zurückwünschen.

Theils aus Liebhaberei, theils aus Sparsamkeitsrücksichten fertigen einige Mikrophotographen ihre Trockenplatten selbst. Das Verfahren ist keineswegs so schwierig und umständlich, dass es ein Geschickter nicht erlernen und ausüben könnte. Dennoch muss hiervor entschieden gewarnt werden; die Schwierigkeiten, ein gleichmässiges Fabrikat zu erzeugen, sind nicht geringfügig; sie treten um so mehr hervor, je kleiner der Betrieb ist. Gleichmässigkeit der Waare bleibt aber Hauptfordernis für das Gelingen guter Aufnahmen. Man vermehre daher die ohnehin reichlich vorhandenen Schwierigkeiten nicht unnötig durch Verwendung unzuverlässiger Platten.

Die gewöhnlichen Bromsilberplatten zeigen hohe Empfindlichkeit für die dem violetten Ende des Spektrums nahe liegenden Farben, eine geringe dagegen für Gelb und Roth. Das wird unbequem bei Verwendung solcher Lichtquellen, wo Gelb vorherrscht, und bei Aufnahme von blau und violett gefärbten Präparaten. In letzterem Falle wirken nämlich die gefärbten Gewebe, Bakterien und dergl. auf die Platte kaum minder kräftig, als der helle Untergrund, und es fehlen deshalb die Bedingungen des Zustandekommens eines Bildes.

Diesen Uebelständen half man ab durch Herstellung von Platten, welche auch für Gelb und Roth empfindlich sind. Setzt man nämlich nach dem Vorgange von VOGEL bestimmte Farbstoffe zum Jodsilber oder Bromsilber hinzu, so wird die Empfindlichkeit der Platten für gewisse Strahlen wesentlich erhöht, und zwar am meisten für diejenigen, welche durch den zugesetzten Farbstoff verschluckt werden.

So erhöht z. B. der Zusatz von Naphtalinroth, welches die gelbgrünen Strahlen absorbirt, die Empfindlichkeit der Platten für Gelbgrün.

Man nannte derart hergerichtete Platten ‚farbenempfindliche‘ oder ‚orthochromatische‘. Durch das Wort ‚farbenempfindlich‘ wird bei Laien vielfach die Vorstellung erweckt, als handle es sich um Platten, welche die natürlichen Farben wiederzugeben im Stande sind. ‚Orthochromatisch‘ d. h. ‚rechtfarbig‘ soll andeuten, dass diese Platten die verschiedenen Farben in derselben oder annähernd derselben Helligkeit wahrnehmen, wie die Netzhaut des Auges. In jedem Falle thut man am besten, eine Platte als roth-, gelb- oder grünempfindlich zu benennen, wenn dieselbe neben Blau und Violett auch Roth, Gelb oder Grün in hervorragendem Masse wahrnimmt.

Zur Färbung der Platten wurden durch VOGEL, EDER u. A. einige Hundert Farbstoffe auf ihre Wirksamkeit geprüft; doch fanden nur wenige Eingang in die Praxis. Cyanin bewirkt die stärkste Empfindlichkeit für Roth und Rothgelb. Grün- und Gelbempfindlichkeit erlangen die Platten bei Färbung mit Chinolinroth und dem Gemisch desselben mit Cyanin, dem sogenannten Azalin, vor allen Dingen jedoch durch Zusatz von Eosin und Erythrosin. Erythrosin hat für die Mikrophotographie die höchste Bedeutung; wir bedienen uns deshalb ausschliesslich desselben.

Der Farbstoff lässt sich auf zwei Weisen der Bromsilber-Gelatine zuführen: Entweder durch Färben der Emulsion vor dem Giessen der Platten oder durch Baden der fertigen, trockenen Platten vor dem Gebrauch in einer Lösung des Farbstoffs. Beide Methoden haben ihre Vortheile: Die Färbung der Emulsion wird vom Fabrikanten ausgeführt und enthebt den Mikrophotographen aller weiteren Vorbereitungen. Auch ist die Haltbarkeit eine grössere, als diejenige der Badeplatten. Bei letzteren fällt dagegen ins Gewicht, dass man sie sich jederzeit leicht selbst herstellen kann, was besonders an solchen Orten Annehmlichkeiten hat, wo Plattenfabriken nicht vorhanden sind. Dass, wie behauptet wurde, allein die in der Emulsion gefärbten Platten hart arbeitend herzustellen sind, kann Verfasser nicht zugeben; auch Badeplatten arbeiten hart, wofern man geeignete Plattensorten hierfür verwendet.

Mehrere Firmen fertigen in der Emulsion gefärbte gelbempfindliche Platten in grösserem Masstabe, so z. B. PERUTZ in München, welcher die VOGEL-OBERNETTER'schen Eosinsilberplatten in den Handel bringt. Nach den Untersuchungen von ZETTNOW sind dieselben nicht mit Eosin (Alkali-Tetra brom fluorescin), sondern mit Erythrosin (Alkali-Tetra jod fluorescin) gefärbt¹.

¹⁾ EDER's Jahrbuch für Photographie u. Reproduktionstechnik für 1890 S. 172.

Verfasser arbeitete viele Jahre lang mit den nach ZETTNow'scher Vorschrift hergestellten Erythrosin-Badeplatten. Das Färben bereitet nicht die mindesten Schwierigkeiten; es eignet sich jede gute, schleierfreie, nicht grobkörnige und nicht zu weiche Platte. Um auf jeden Fall sicher zu gehen, prüfe man vorher, ob eine dem Packet entnommene Platte nach zwei Minuten langem Einweichen in destillirtem Wasser und darauf folgendem Einlegen in frischen Entwickler schleiert, weil beim Guss zugesetztes Bromkali ausgewaschen ist; sonst schiebt man die Schuld, wenn eine solche Platte gefärbt wurde und schleierte, auf das Erythrosin, anstatt auf diesen Umstand. Geringen Schleier kann man durch Zusatz von Bromkali zum Entwickler unschädlich machen. Das zum Färben verwendete Erythrosin beziehe man von SCHUCHARDT in Görlitz (10 g kosten 1 Mark); von anderen Fabriken hergestellte Erythrosine erwiesen sich für unsere Zwecke als weniger brauchbar.

Als Vorrath dient eine Lösung von 1 g Erythrosin auf 500 cem Alkohol von 95 %.

Zum Bade mische man 200 cem destillirtes Wasser, 5 cem Erythrosinlösung und filtrire zur Abhaltung von Staubpartikelchen. Hierin werden — natürlich in der Dunkelkammer — die Platten 60 bis 70 Sekunden unter steter Bewegung der Schale gebadet; dann lässt man dieselben zehn Minuten auf Fliesspapier ablaufen und stellt sie entweder frei auf einem Negativständer oder im Trockenkasten auf. Das Trocknen hat im völlig dunklen Raume zu geschehen und beansprucht je nach der Temperatur verschieden lange Zeit; im Sommer genügen wenige Stunden, im Winter ist mitunter ein ganzer Tag erforderlich. Als Trockenkasten lässt sich jede grosse, mit schwarzem Stoff überzogene Kiste verwenden.

Setzen sich während des Badens und Trocknens Staubtheilchen auf der Platte fest, so erscheinen nach der Entwicklung im Negativ kleine helle Pünktchen und Striche, welche davon herrühren, dass hier Licht nicht einwirkte.

Die getrocknete Erythrosin-Badeplatte ist ebenso wie die in der Emulsion gefärbte rosaroth; dieser Farbenton hält sich auch während der Entwicklung und Fixirung und schwindet erst bei gründlichem Waschen, bei Badeplatten nach etwa einer Stunde, bei den anderen kaum nach 24 Stunden. Schneller gelangt man bei sehr starken Färbungen durch Wässern in 2% Kochsalzlösung zum Ziel.

Die getrockneten Badeplatten halten sich gut aufbewahrt etwa 6 Wochen; dann tritt beim Entwickeln Neigung zu Randschleier und zu allgemeiner Verschleierung auf. Setzt man Ammoniak zum Bade

hinzu, so erhöht sich dadurch die Empfindlichkeit bedeutend; da aber dann die Platten kaum länger als einen Tag haltbar bleiben, so können wir diese Methode dem Mikrophotographen nicht empfehlen.

Die in der Emulsion gefärbten PERUTZ-Platten, welche in früheren Jahren vielfach zu Klagen Veranlassung gaben, werden neuerdings in so tadelloser Güte hergestellt, dass wir sie, um das Baden der Platten zu umgehen, jetzt regelmässig verwenden.

Durch das Erythrosin erlangt die Platte hohe Empfindlichkeit für Grün, besonders für gelbgrüne Strahlen von Wellenlänge 560. Ihre Empfindlichkeit für die letzteren ist bei Sonnenlicht $1\frac{1}{2}$ - bis 2mal, bei dem an gelbgrünen Strahlen reichen, an blauen armen Petroleumlicht dagegen 10- bis 12mal so gross, als für blaue. Benutzt man daher Petroleumlicht als Lichtquelle, so wird sich selbst ohne Filter bei Systemen mit Fokusdifferenz letztere kaum geltend machen, da man mit denjenigen Strahlen für das Auge scharf einstellt, welche auch die Platte als die hellsten empfindet. Bei Sonnenlicht thut man gut, die blauen und violetten Strahlen durch Filter auszuschalten (vergl. den Abschnitt über Fokusdifferenz). Wer ganz sicher gehen will, mag auch bei Petroleumlicht ein verdünntes grüngelbes Filter (Pikrinsäure-Lösung) einschalten.

Würde man eine gewöhnliche Bromsilberplatte in Verbindung mit gelbgrünem Filter verwenden, so müsste wegen grosser Unempfindlichkeit derselben gegen gelbgrünes Licht die Exposition ausserordentlich lange währen.

Die Erythrosinplatte hat gegenüber der gewöhnlichen Platte auch noch den Vorzug, dass sie feine Linien weit schärfer wiedergiebt, als letztere, für die Mikrophotographie eine Thatsache von grösster Wichtigkeit. Dies hat seinen Grund darin, dass hier die Reflexion an der Glaswand stark vermindert ist. Da der Mikrophotograph stets mit bedeutenden Helligkeitsunterschieden zu thun hat, so sind derartige Reflexionen und die damit verbundene Lichthofbildung ausserordentlich störend. Hinterkleidung der Platten (z. B. mit einer Mischung von: 5 g Aurin, gelöst in 10 ccm warmem Alkohol und zu 30 ccm Rohloddium hinzugesetzt; dem Ganzen dann noch 0,4 ccm Ricinusöl zugefügt) beseitigt zwar diesen Fehler; doch ist die Sache ziemlich umständlich. Bei Erythrosinplatten kommen, zumal wenn die Schicht, wie bei den PERUTZ-Platten, recht dick gegossen ist, Reflexe kaum zur Geltung, weil die wirksamen Strahlen in der Bildschicht verschluckt werden.

Benutzt man zur Aufnahme blaues oder violettes Licht, so schliesst dies Verwendung der Erythrosinplatte keineswegs aus, da dieselbe auch für diese Strahlen genügende Empfindlichkeit besitzt.

Seit langen Jahren ist man bemüht, die schwere, zerbrechliche Glasplatte durch leichtes, dauerhaftes Material zu ersetzen. So hoch die hierdurch gebotenen Vortheile auch für Reisen, Ballonaufnahmen und dergl. sind, hat die Sache für den Mikrophotographen doch nur in dem Falle Werth, wo es sich um Reihen-Momentaufnahmen handelt (s. S. 154). Hier kommen nur durchsichtige Films in Frage, da Negativpapier wegen seines Korns für mikrophotographische Zwecke nicht brauchbar ist. Die Films müssen natürlich durch Baden in Erythrosin für gelbgrüne Strahlen sensibilisirt werden, wofern nicht bereits die Emulsion Farbstoffzusatz erhielt.

WALLENBERG¹ empfiehlt, die Aufnahme statt auf Platte, Film oder hochempfindlichem Negativpapier auf gewöhnlichem Celloüdinpapier zu machen, besonders in den Fällen, wo es sich, wie bei Hirnschnitten, nur um schwächste Vergrösserung und schematische Bilder handelt. Wegen der grossen Unempfindlichkeit dieses Papiers muss man den Apparat direkt gegen die Sonne richten. Aus letzterem Grunde und wegen der sonst damit verbundenen Nachtheile wird dieser Ersatz der Platte kaum Freunde finden.

Sollen die Aufnahmen in Lichtdruck vervielfältigt werden, so geben Abziehplatten wesentlich bessere Resultate, als gewöhnliche Platten. Im Nothfalle kann man durch folgendes Verfahren die Bildschicht gewöhnlicher Platten vom Glase ablösen: Man badet das abzuziehende Negativ 10 Minuten in Formalin, welches mit der 15fachen Menge Wasser verdünnt wurde. Hierauf lässt man abtropfen, trocknen und übergiesst die Platte mit Rohkollodium, dem 2proc. Ricinusöl zugesetzt ist. Sobald das Kollodium erstarrt ist, wäscht man aus, schneidet die Schicht mit scharfem Messer 2 mm vom Rande rings herum ein, entfernt die anhaftenden Wassertropfen mit Filtrirpapier und zieht die Schicht vom Glase ab. Die abgezogene Haut kommt in folgendes Bad: Glycerin 50 ccm, Alkohol 50 ccm, Wasser 1 l. Hierauf trocknet man auf demselben Glase, von welchem die Schicht abgezogen wurde, jedoch mit der Kollodiumsschicht gegen die Glasseite. Nach dem Trocknen wird das Bild abermals mit Kollodium übergossen und dann abgezogen.

Man erreicht auf diese Weise, dass die abgezogene Schicht die ursprüngliche Bildgrösse beibehält.

¹⁾ Internationale photographische Monatsschrift für Medizin Bd. III, 1896, S. 209.

2. Die Belichtung

Vor dem Einschieben der mit lichtempfindlicher Platte geladenen Kassette überzeuge man sich davon, dass die Einstellung tadellos ist. Die wichtigste Stelle im Präparat muss sich in der Mitte des hellen Lichtkreises auf der Visirscheibe befinden. Bei schwachen Objektiven erreicht man unschwer gleichmässige Schärfe von Rand bis zu Rand, bei starken hat man sich mit scharfer Mitte zu begnügen. Grösstmögliche Schärfe ist erzielt, wenn bei geringfügigster Drehung der Mikrometerschraube die Umrisse sofort verwaschener werden. Bei starker Wölbung des Gesichtsfeldes erweist es sich mitunter als zweckmässig, nicht genau auf die Mitte, sondern auf die zweite Zone scharf einzustellen, um ausgedehntere Abschnitte des Objektes im Bilde scharf zu erhalten. Doch darf man hierbei nicht zu weit gehen, weil hochgradige Unschärfe der Mitte ungünstigen Eindruck macht. Stellt man auf die zweite Zone scharf ein, so muss die wichtigste Stelle des Präparates in dieser Zone gelegen sein. Wenn irgend möglich, richtet man es bei beabsichtigter Unschärfe der Mitte so ein, dass, was bei Bakterienpräparaten häufig keine Schwierigkeiten bereitet, die Mitte frei bleibt.

Nachdem Alles zur Aufnahme vorbereitet und die lichtempfindliche Platte in der Dunkelkammer in die Kassette eingelegt ist, schiebt man letztere nach Herausnahme der Visirscheibe in den hierfür hinten an der Kamera angebrachten Rahmen. Sind Kamera und Mikroskop auf demselben Brette befestigt, so hat dies Einschieben mit grösster Vorsicht zu geschehen, weil sonst, zumal beim Arbeiten mit starken Objektiven, in Folge der sich auf das Mikroskop fortpflanzenden Erschütterungen die feine Einstellung leidet. Verfasser hatte wiederholt Gelegenheit, zu beobachten, dass bei derartigen mikrophotographischen Apparaten, besonders dann, wenn Tubus und Kamera fest oder durch einen straffen, lichtdichten Aermel verbunden waren, eine gute Aufnahme niemals gelang, weil selbst bei äusserster Behutsamkeit die Einstellung sich änderte. Ruhen Kamera und Mikroskop auf gesonderten Tischen und verbindet die in Figur 13 auf Seite 21 dargestellte Vorrichtung beide Theile, so sind besondere Vorsichtsmassregeln beim Einschieben der Kassette und Aufziehen des Schiebers nicht zu beobachten.

Vor dem Oeffnen des Kassettenschiebers verdunkelt man das Gesichtsfeld durch Einschaltung einer geschwärzten Pappscheibe zwischen Beleuchtungsapparat und Lichtquelle. Unterlässt man dies, so würde, abgesehen von den während des Oeffnens und Schliessens des Schiebers

unvermeidlichen Erschütterungen der Kamera die eine Hälfte der Platte länger dem Lichte ausgesetzt sein, als die andere. Die verdunkelnde Pappscheibe steht frei auf der optischen Bank, ohne irgend eine der zur Beleuchtung dienenden Vorrichtungen zu berühren. Man glaube nicht, dass, selbst wenn die Aufnahme im hellen Zimmer geschieht und zwischen Pappscheibe und Objekttisch sich ein ansehnlicher Zwischenraum befindet, irgendwelches Licht in das Objektiv gelangen kann. Ist die Pappscheibe weiss und wird sie von der Mikroskopseite aus hell erleuchtet, so wirkt sie allerdings als Lichtquelle.

Soll die Exposition beginnen, so nimmt man die Pappscheibe fort, um sie zur Beendigung derselben wieder an ihren alten Platz zu setzen. Darauf ist der Kassettenschieber zu schliessen.

Unmittelbar nach dem Einschieben der Kassette deckt man über die Kamera ein schwarzes Tuch und entfernt dasselbe nicht eher, bis die Kassette in die Dunkelkammer zurückgebracht wird. Dies bietet den besten Schutz gegen unwillkommenes Nebenlicht, welches besonders bei alter und wenig sorgfältig gearbeiteter Kassette und Kamera leicht seinen Weg auf die Platte findet.

Hat man alle Vorsichtsmassregeln aufs Peinlichste befolgt und entwickelt nun in der später zu beschreibenden Weise, so ist man nicht selten davon überrascht, statt des scharf gezeichneten ein völlig verwaschenes Bild erscheinen zu sehen. Das kann zwei Ursachen haben: Entweder wurde der Apparat erschüttert, oder die Einstellung änderte sich während der Belichtung in Folge von Verziehen des Mikroskops. Ersteres macht sich bei kurzen, letzteres bei langen Belichtungen am meisten bemerkbar.

Es zeugt von geringer Sachkenntnis, wenn man, wie dies oft geschah, behauptet, dass Erschütterungen bei kurzer Exposition wenig schaden. Dauert die Belichtung eine Sekunde und wurde während dieser Zeit durch einen vorüberfahrenden Wagen der Apparat in Schwingungen versetzt, so ist die Aufnahme unrettbar verloren; bei Minuten langer Exposition ist dagegen eine wenige Sekunden anhaltende Erschütterung belanglos. Arbeitet man daher mit Sonnenlicht oder einer anderen sehr kräftigen Lichtquelle, so muss zur Exposition durchaus ein ruhiger Augenblick abgewartet werden. Bei längeren Belichtungen unterbricht man durch Einschaltung der Pappscheibe zwischen Objekt und Lichtquelle die Exposition, sobald Erschütterungen auftreten, und erhellt das Gesichtsfeld erst wieder nach Eintritt völliger Ruhe. Dies kann während jeder Aufnahme beliebig oft wiederholt werden, nur darf hierdurch weder Verlängerung noch Verkürzung der beabsichtigten Belichtung stattfinden.

Mag man Sekunden oder Minuten belichten, auf jeden Fall ist es dringend nöthig, während dieser Zeit neben dem Mikroskop auf einem Stuhl Platz zu nehmen. Sonst würde der Mikrophotograph Gefahr laufen, selbst Veranlassung von Erschütterung zu werden. Abgesehen davon, dass der Anfänger während der Belichtung in der Regel vor Aufregung zittert, fällt es auch dem Ruhigsten schwer, stehend seine Gleichgewichtslage unverändert beizubehalten, um so mehr, als er den Arm ausstrecken muss, um den Pappschirm zu ergreifen und wieder hinzusetzen. Beim Sitzen liegen die Verhältnisse günstiger. Nur bei sehr langen Belichtungen wird man möglichst behutsam das Zimmer verlassen und zur Beendigung der Exposition ebenso vorsichtig in dasselbe zurückkehren.

Die zweite Ursache des Verderbens von Aufnahmen, das Verziehen des Mikroskopes während der Belichtung, ist recht störend bei allen mikrophotographischen Arbeiten, wo es sich nicht um schwache Objektivvergrösserung und ganz kurze Expositionen handelt. Ihren Grund hat diese Erscheinung in der Schwere des Tubus, welcher in wägerechte Lage gebracht seine ihm angewiesene Stellung nicht genau innehält und hierdurch den Abstand zwischen Objekt und Präparat verändert. Bei grossen und schweren Stativen macht sich das Verziehen mehr bemerkbar, als bei kleinen und leichten. Dem Uebelstande ist nur durch besonders konstruirte Stative abzuhelfen, bei welchen der Tubus in seiner Mitte und nicht am unteren Ende an starker, wagerechter Metallstange befestigt wird. Das würde natürlich die Gebrauchsfähigkeit des Mikroskops für gewöhnliche Arbeiten schwer beeinträchtigen.

Eine Folge des Verziehens ist, dass, wenn man scharf auf der Visirscheibe eingestellt hat, schon nach einigen Minuten die Schärfe zu wünschen übrig lässt. Am auffallendsten tritt dies in Erscheinung bei Verwendung starker Objektive und kurz nach dem Umlegen des Mikroskops. Nach einiger Zeit kommt das Stativ zur Ruhe und die Einstellung ändert sich dann nicht mehr, wofern nur die Temperatur des Raumes gleichmässig bleibt. In den meisten Fällen genügt Abwarten einer halben Stunde; man mache es sich jedoch zur Regel, niemals früher zu exponiren, bevor nicht die Einstellung während der Zeit sich unverändert hält, die zur Belichtung in Aussicht genommen wird. Mitunter ist das für den Mikrophotographen eine harte Geduldsprobe, — es ist nicht die einzige. Geduld bleibt bei mikrophotographischen Arbeiten erste Vorbedingung. Nach zehn misslungenen Aufnahmen lasse man es sich nicht verdriessen, zum elften Male zu exponiren; vielleicht wird dann die Platte brauchbar, welche das Dutzend voll macht.

Dass nach längerem Stehen thatsächlich völlige Unveränderlichkeit der Einstellung eintritt, hatte Verfasser Gelegenheit an einem Versuche zu erproben: Es handelte sich um Aufnahme von *Amphibleura pellucida* bei Petroleumlicht mit gewöhnlicher Bromsilberplatte. Die Diatomee lag in dunkelgrünem Medium eingebettet; bei der geringen Empfindlichkeit der verwendeten Platte musste volle sechs Stunden belichtet werden. Das Resultat war ein tadellos scharfes Negativ¹. Allerdings hatte der Apparat vor Beginn der Exposition unter wiederholter Kontrolle der Einstellung drei Stunden gestanden.

Bei langen Belichtungen ist für gleichmässige Temperatur des Arbeitszimmers Sorge zu tragen; eine Aenderung um mehrere Grad während der Exposition hat Längenveränderung der Metalltheile zur Folge, welche für die Bildschärfe verderblich wird. Aus diesem Grunde darf man auch eine Petroleum- oder Gasflamme nicht nahe dem Objektisch aufstellen, weil sich das Stativ allmählich erwärmen würde.

Hat man eine Aufnahme vollendet und entfernt man durch einige Drehungen der Mikrometerschraube den Tubus ein wenig vom Objektisch, um die Präparate auszuwechseln, so verstreicht wiederum einige Zeit, bis der Tubus in seine Ruhelage eingetreten ist. Um diese Zeit nicht unnöthig zu verlängern, empfiehlt es sich, beim Auswechseln das Mikroskop in wagerechter Stellung zu belassen.

Die zur Durcharbeitung eines kräftigen Negativs nothwendige Belichtungszeit ist von verschiedenen Umständen abhängig: Zuerst spielt die Empfindlichkeit der Platten eine Hauptrolle. Wie verlockend es auch sein mag, zur möglichsten Abkürzung der Exposition recht hochempfindliche Platten zu wählen, so sprechen doch gewichtige Gründe gegen ein solches Verfahren. Mit Steigerung der Empfindlichkeit wächst die Weichheit, um nicht zu sagen Flauheit der Negative. Man erhält aber in der Mikrophotographie mit hart arbeitenden Platten stets bessere Resultate. Es giebt Mittel und Wege, zu grosse Härte zu vermeiden; in flau arbeitende Platten Kraft hinein zu bringen, bleibt vergebliche Mühe; man erhält bei ihnen als Endresultat jene grau in grau gehaltenen Bilder, welche für die aufgewendete Zeit und Arbeit niemals entschädigen. Ueberdies pflegt mit hochempfindlichen Platten grobes Korn Hand in Hand zu gehen, durch welches die Bilder ein unangenehmes, sandiges Aussehen bekommen, zumal wenn nachträgliche Vergrösserung des Negativs vorgenommen wird. Man wählt daher am besten hart arbeitende Platten von mittlerer Empfindlichkeit.

¹⁾ Die Aufnahme geschah mit Apochromat-Oelimmersion von ZEISS, 2 mm Brennweite, 1,40 Ap., welche gegen geringste Aenderungen im Objektivabstande überaus empfindlich ist.

Dass ferner die Art der Lichtquelle, ihre Kraft und ihr Reichtum an Strahlen, für welche die verwendete Platte hervorragende Empfindlichkeit besitzt, für die Expositionszeit von wesentlichster Bedeutung ist, braucht kaum besonders erwähnt zu werden. Direktes Sonnenlicht gestattet unter allen Umständen, mag man mit blau-, grün- oder gelbempfindlichen Platten arbeiten, die kürzeste Exposition. Diejenigen Lichtquellen, welche wie Magnesiumlicht und elektrisches Bogenlicht die Einschaltung einer matten Scheibe wünschenswerth machen, büßen durch diesen Umstand viel von den Vorzügen ihrer Intensität ein. Die bei Petroleumlicht unter Anwendung der Erythrosinplatte nothwendigen Expositionen sind bei gewöhnlichen Verhältnissen unter keinen Umständen so lang, dass die Anwendbarkeit dieser Lichtquelle hierdurch in Frage gezogen würde. Selbst bei Bakterienaufnahmen in tausendfacher Vergrösserung belichten wir bei Petroleumlicht kaum je länger als 4 Minuten.

Dass die Helligkeit des Gesichtsfeldes und demnach die Länge der Exposition von der Breite des zur Beleuchtung verwendeten Lichtkegels abhängt, wurde in Abschnitt IV auseinandergesetzt. Leider ist es nicht statthaft, zum Zwecke möglichst kurzer Belichtung die Breite des Beleuchtungskegels beliebig zu vergrössern, da, wie wir sahen, verschiedene Präparate verschiedene breite Kegel erfordern.

Die Länge der Belichtungszeit ist auch abhängig von dem Grade der Vollkommenheit, welcher in der Korrektion der Objektive erreicht ist. Gut korrigirte Systeme vereinigen mehr Lichtstrahlen in einem Punkte des Bildes, als schlecht korrigirte. Abgesehen von dem genauen Zusammenfallen der verschiedenen Spektralfarben vereinigen sich bei sorgfältig verbesserten Linsen die Randstrahlen, welche bei mangelhafter Korrektion selbständige Bilder erzeugen, mit den centralen Strahlen zu einem Bilde. Aus diesem Grunde gestatten die Apochromate bei gleicher Vergrösserung kürzere Belichtung, als Systeme älterer Konstruktion.

Von weittragendstem Einfluss auf die Expositionszeit ist die Beschaffenheit der Präparate: ihre Dicke und die Kraft ihrer Färbung. Sehr dicke und dunkel, besonders mit rothen oder braunen Farbstoffen gefärbte Objekte, erfordern zumeist ungewöhnlich lange Belichtung, Gewebschnitte eine wesentlich längere, als Deckglas-Trockenpräparate.

Bei Anwendung derselben Objektive wächst unter sonst gleich bleibenden Nebenumständen die Länge der Belichtungszeit bei zunehmender Vergrösserung im quadratischen Verhältnis, gleichgültig, ob die stärkere Vergrösserung herbeigeführt wird durch längere Kamera oder durch stärkeres Projektionsokular. Wird daher die Platte bei

tausendfacher Vergrösserung in 3 Minuten gut durchgearbeitet, so erheischt eine zweitausendfache 9 Minuten.

Aus Obigem erhellte, dass die richtige Bestimmung der Expositionszeit eine schwierige Sache ist, um so schwieriger, je stärkeren Schwankungen die Helligkeit des Lichtes unterliegt. Bei der gleichmässigen Helligkeit des Petroleumlichtes oder anderer, ähnlicher Lichtquellen verfährt der Mikrophotograph wie der Artillerist beim Schiessen: Zuerst zu kurz, dann über das Ziel hinaus; der dritte Schuss mit Sicherheit ein Treffer.

Ist man über die Länge der Belichtungszeit im Unklaren, so empfiehlt es sich, bei der ersten Aufnahme lieber zu kurze, als zu lange Zeit zu belichten. Dem Geübten fällt es nicht schwer, aus dem Erscheinen des Bildes bei der Entwicklung zu beurtheilen, um wie viel die Exposition zu kurz war. Aus einer überexponirten Platte, wo das Bild im Entwicklungsbade sofort unter einem grauen Schleier verschwindet, lässt sich das Mass der Ueberbelichtung schwer bestimmen.

Durch lange Uebung erwirbt sich der Mikrophotograph gewisse Fertigkeit, aus der Helligkeit des Bildes auf der matten Einstellscheibe — auf der durchsichtigen Scheibe sieht das unbewaffnete Auge überhaupt Nichts — einen Schluss auf die nothwendige Belichtungszeit zu ziehen. Der Anfänger kann hierbei grössten Irrthümern nicht entgehen. Ein mit Sonnenlicht unter Einschaltung einer dunkelblauen Absorptionsflüssigkeit beleuchtetes Objekt erscheint in zweitausendfacher Vergrösserung auf der Visirscheibe sehr dunkel und erfordert doch nur wenige Sekunden Belichtung, während bei Beleuchtung mit Petroleumlicht, ohne Filter, trotz scheinbar grösserer Helligkeit vielleicht 100mal so lange exponirt werden muss. Der Geübte berücksichtigt neben der absoluten Helligkeit die grosse Reihe der mitwirkenden Nebenumstände und bildet daraus sein Urtheil; der Anfänger schätzt nur nach dem Eindruck auf der Netzhaut und irrt sich gründlich.

BENECKE¹⁾ erdachte ein ebenso einfaches wie sinnreiches Verfahren, durch welches man bei gleich bleibender Intensität des Lichtes die für jedes Präparat günstigste Expositionszeit mit Leichtigkeit auf einer einzigen Platte ermitteln kann: Man exponirt beide Hälften einer Platte verschieden lange. Zu dem Behufe wird die Kassette wie gewöhnlich in den Apparat eingeschoben, ihr Schieber halb geöffnet und die zwischen Objekttisch und Lichtquelle aufgestellte Pappscheibe für eine bestimmte Zeit, z. B. 10 Sekunden, fortgenommen und dann wieder vorgesetzt. Darauf öffnet man den Schieber der Kassette ganz und lässt

¹⁾ A. a. O. S. 153.

das Licht abermals 10 Sekunden einwirken. Die eine Hälfte der Platte hat dann 10 Sekunden Licht empfangen, die andere 20. Natürlich kann man bei Anwendung grösserer Platten durch immer weiteres Aufziehen des Kassettenschiebers 4 und mehr Theile der Platte verschieden lange belichten. Aus der Art, wie sich dann bei der Hervorrufung die verschiedenen Abschnitte des Negativs entwickeln, ist leicht zu ersehen, welche Exposition die richtige war.

ZEISS¹ änderte dies Verfahren ab, indem er für die Expositionsskala eine besondere Kassette fertigte, welche in Schienen laufend ermöglicht, die photographische Platte vor einem schmalen, für die Beurtheilung des Bildes aber ausreichend breiten Spalt vorüberzubewegen, der stets nur denselben kleinen Theil des Bildes auf der Platte zur Wirkung gelangen lässt. Bei der Entwicklung erkennt man, welcher Bildstreifen am richtigsten belichtet ist. ZEISS giebt seinem Special-Katalog eine nach dieser Methode gefertigte Probeaufnahme (Pleuro-sigma angulatum Tafel IV) bei, welche in vortrefflicher Weise die Wirkung der 6 verschiedenen langen Belichtungen veranschaulicht. Der gleichen Versuche erleichtern nicht nur das Auffinden der richtigen Expositionsszeit, sondern sind auch recht lehrreich, indem sie das Aussehen von über-, unter- und richtig exponirten Bildern zeigen.

Mit den sonst in der Photographie zur Messung der Lichtstärke angewendeten Photometern ist wegen der bei mikrophotographischen Arbeiten sehr verwickelten Verhältnisse nicht viel anzufangen.

MOITESSIER² glaubte die Beobachtung zu machen, dass bei Anwendung einer mit Kupfervitriollösung gefüllten Absorptionsküvette eine Ueberexposition selbst bei ungewöhnlich langer Belichtung nicht zu fürchten ist. Er nahm an, dass die blauen Strahlen in einer gewissen Zeit eine Höchstwirkung ausüben, die genau den Anforderungen des Mikrophotographen entspricht und die bei weiter verlängerter Exposition nicht leicht überschritten wird. Schon BENECKE konnte die Richtigkeit dieser Annahme nicht bestätigen. Es ist nicht leicht nachzuweisen, wie der sonst so scharf beobachtende MOITESSIER zu dem Trugschluss gelangte. Man darf nicht vergessen, dass die Einschaltung einer tiefblauen Flüssigkeit in Folge von Absorption längere Belichtung gestattet; aber ein Zuviel macht sich in derselben unangenehmen Weise bemerkbar, wie bei Verwendung von weissem Licht.

Bei Beleuchtung mit auffallendem Licht ist unter allen Umständen viel länger zu belichten als bei durchfallendem; ebenso erfordern stereo-

¹⁾ ZEISS, Special-Katalog 1888 S. 41.

²⁾ A. a. O. S. 284.

skopische, mit halber Blendung gefertigte Aufnahmen erheblich längere Exposition, weil nur das halbe Objektiv in Wirksamkeit tritt. Bei Verwendung der stereoskopischen Wippe, wo die Objektivöffnung in gewohnter Weise arbeitet, ist dies nicht der Fall.

Dass ferner Polarisationsapparate die nothwendige Belichtungszeit wesentlich verlängern, da sie einen bedeutenden Bruchtheil der Strahlen nicht hindurchtreten lassen, ist selbstverständlich; man muss bei ihrer Benutzung mindestens 5- bis 6mal so lange exponiren, als unter gewöhnlichen Verhältnissen.

Momentane Belichtung, die in der Mikrophotographie nur in besonderen Fällen Anwendung findet, ist ein dehnbarer Begriff. Der Photograph versteht unter Moment jede Zeit, welche kürzer ist als eine Sekunde. Als die verhältnismässig unempfindlichen, nassen Kollodiumplatten noch ausschliesslich das Feld beherrschten, hatte man in dieser Beziehung ein weites Gewissen. Wurde doch vor nicht allzu langen Jahren die Frage: „Was ist ein photographischer Moment?“ allen Ernstes beantwortet mit „3 Sekunden“. Vernünftiger Weise kann man mit Moment nur einen verschwindend kleinen Bruchtheil der Sekunde bezeichnen. Auf welche Weise so kurze Belichtungen zu Stande kommen, wurde früher auseinandergesetzt.

Augenblicksaufnahmen lassen sich in der Mikrophotographie kaum anders als mit direktem Sonnenlicht und mit Magnesiumblitzlicht bewerkstelligen. Bei schwachen Vergrösserungen reichen so kurze Expositionen zum Durcharbeiten der Platte um so mehr aus, als es sich hierbei zumeist um ungefärbte Präparate handelt, wo also wenig Licht durch Absorption verloren geht. Arbeitet man mit starken Objektiven, so sieht man sich häufig genötigt, zu besonders hochempfindlichen Platten zu greifen. Unter Umständen empfiehlt es sich, die Originalaufnahme mit kurzem Bildabstande vorzunehmen und das auf diese Weise erhaltene Negativ nachträglich zu vergrössern. Die Helligkeit ist hierbei am grössten, aber die nachträgliche Vergrösserung ist unbequem und trägt niemals zur Verschönerung des Bildes bei.

Nur bei richtiger Belichtung der Platte erzielt man gut durchgearbeitete, an Halbtönen reiche Negative. Bei zu kurzer Exposition wird das Bild hart und enthält keine Uebergänge zwischen Schwarz und Weiss, bei zu langer fehlt die Kraft, die Einzelheiten sind grau und ein Schleier liegt über dem Ganzen. Bei Bakterienaufnahmen, wo es hauptsächlich auf möglichst scharfe Umrisse der kleinsten Organismen ankommt, exponirt man nicht selten absichtlich etwas zu kurz. Gilt es jedoch, die Einzelheiten innerhalb der Bakterien zur Anschauung zu bringen, so ist die Belichtungszeit reichlich zu bemessen.

Geringe Fehler in der Wahl der Expositionszeit lassen sich durch richtige Behandlung der Platte beim Hervorrufen des Bildes ausgleichen. Hier vermag der Photograph von seinem Können Beweise zu erbringen.

Im Folgenden wollen wir versuchen, einige Anhaltspunkte über die Belichtungszeiten bei Sonnen- und Petroleumlicht zu geben, doch sei ausdrücklich bemerkt, dass diese Zahlen nur unter bestimmten Verhältnissen zutreffend sind. Nach obigen Erörterungen kann nicht zweifelhaft bleiben, dass es unmöglich ist, Expositionszeiten in Minuten und Sekunden für jeden einzelnen Fall festzusetzen. Die angeführten Werthe beziehen sich auf Erythrosin-Badeplatten von mittlerer Empfindlichkeit, gute, d. h. möglichst dünne und nicht zu kräftig gefärbte Präparate, beste Ausnutzung der Lichtquelle und sorgfältig korrigirte Objektive. Bei Benutzung anderer Lichtarten lassen sich durch Vergleichung mit nachfolgenden Ziffern die Expositionszeiten für verschiedene Vergrösserungen ableiten, sobald man durch den Versuch die für eine bestimmte Vergrösserung nötige Belichtung ermittelt hat.

Petroleumlicht

Objektiv-System	Beleuchtung mit	Lichtfilter	Linearvergr.	Belichtungszeit
Landschafts-Linse	Sammel-Linse	O	bis 15	10-60 Sek.
Schwaches Trocken-System, z. B. ZEISS 16 mm Brw.	Sammel-Linse	Pikrin-Säure	20-60	2-20 Sek.
Starkes Trocken-System, z. B. ZEISS 4 mm Brw.	ABBE'schem Beleuchtungsapparat	Pikrin-Säure	150-350	1-3 Min.
Oel-Immersion	ABBE'schem Beleuchtungsapparat	Pikrin-Säure	500-1000	3-4 Min.

Sonnenlicht

Landschafts-Linse	Sammel-Linse	ZETTNOW'sches Kupfer-Chrom-Filter	bis 15	Bruchtheile von Sekunden
Schwaches Trocken-System, z. B. ZEISS 16 mm Brw.	Sammel-Linse	ZETTNOW'sches Filter	20-60	Bruchtheile von Sekunden
Starkes Trocken-System, z. B. ZEISS 4 mm Brw.	ABBE'schem Beleuchtungsapparat	ZETTNOW'sches Filter	150-350	$1/4$ -1 Sek.
Oel-Immersion	ABBE'schem Beleuchtungsapparat	ZETTNOW'sches Filter oder Kupferoxyd-Ammoniak-Lösung	500-2000	$1/4$ -2 Sek.

Bei Aufnahmen derjenigen Diatomeen, welche wie *Amphipleura pellucida* zu ihrer Auflösung die Benutzung einer nur kleinen Randzone des Objektivs benötigen, wird die Belichtungszeit wesentlich verlängert.

Bei dem Abmessen der Belichtungszeit verlasse man sich nicht auf allgemeine Schätzungen, die meist zu groben Irrthümern führen, sondern halte sich streng an die Uhr, wo es sich um Sekunden handelt, an den Sekundenzeiger. In Ermangelung eines solchen lässt sich die Zeitdauer einer Sekunde durch die Schwingung eines 1 m langen Pendels angeben.

3. Die Entwicklung

Nach Beendung der Exposition bringt man die Kassette mit der Platte in die Dunkelkammer zurück, um sie zu entwickeln, d. h. das bisher unsichtbare Bild hervorzurufen. Manche ziehen es vor, sich nicht selbst die Finger nass zu machen, sondern nach der Aufnahme alles Weitere dem Fachphotographen zu überlassen. Dies Verfahren ist in der Mikrophotographie durchaus zu verwerfen; hier kommt es darauf an, sofort festzustellen, ob das Bild gelungen ist, oder ob sich Fehler irgendwelcher Art einschlichen, um in letzterem Falle die Aufnahme sogleich zu wiederholen. Man könnte einwenden: Der Fachphotograph ist weit eher im Stande, durch alle Künste der Entwicklung ein gutes Bild herauszubringen, als der Freund der Photographie, welcher vielleicht die gelungenste Aufnahme durch unzweckmässige Behandlung verdirbt. Darauf erwiedern wir: Wer nicht im Stande ist, eine Platte nach allen Regeln der Kunst zu entwickeln, möge seine Hände von der Mikrophotographie so lange fortlassen, bis er sich die nötige Fertigkeit im Hervorrufen angeeignet hat. Heut zu Tage findet man überall Gelegenheit, unter Aufsicht von Fachmännern das Entwickeln zu erlernen.

Das zum Hervorrufen nothwendigste Erfordernis, die Dunkelkammer, lässt sich in jedem Haushalt ohne besondere Schwierigkeiten herrichten. Der kleinste Raum genügt; in Ermangelung eines solchen verdunkelt man das Arbeitszimmer durch einen grossen, fest am Fenster anliegenden Vorhang, welcher aus einer zwei- bis dreifachen Lage von dichtem, schwarzem Baumwollenstoff hergestellt ist. Bei der Verdunkelung des Raumes ist sehr sorgfältig zu verfahren. Man mache

unter allen Umständen die Probe, ob das Auge, nachdem es sich an die Finsternis gewöhnt hat, an irgend einer Stelle geringen Lichtschimmer wahrnimmt. Peinlichste Sorgfalt in diesem Punkte erspart viel Zeit, Geld und Aerger.

Die besonders bei Fachphotographen übliche Methode, das nothwendige rothe Licht durch rothe Verglasung eines kleinen Fensters, oder Ueberziehen desselben mit rothem, besonders präparirtem Stoff herzustellen, empfiehlt sich weniger, als die Verwendung einer rothen Laterne. Die Gefahr, wirksames Licht in die Dunkelkammer zu bekommen, ist bei Tageslicht grösser, als bei Benutzung der Lampe. Das zur Verglasung verwendete rothe Rubinglas lässt nicht selten eine bedeutende Menge chemisch wirksamer Strahlen hindurchtreten; die zum Ersatz des Glases empfohlenen rothen Zeugstoffe und Gelatineblätter pflegen, so lange sie neu sind, ihren Zweck gut zu erfüllen; anders jedoch, wenn die Sonne sie ausbleichte und von dem Fenster ab-spritzende Tropfen wiederholte Durchnässung herbeiführten. Auch bei der Auswahl der rothen Cylinder muss man vorsichtig zu Werke gehen; man kann sie vor ihrer endgültigen Benutzung dadurch erproben, dass man eine unbelichtete Trockenplatte 2 Minuten lang 50 cm von der brennenden Lampe entfernt frei stehen lässt; bleibt dann die Platte nach dem Einlegen in ein Entwickelungsbad schleierfrei, so ist jede Gefahr ausgeschlossen, dass bei den späteren Arbeiten durch das Lampenlicht irgendwelcher Schaden angerichtet wird.

Man empfahl auch Ersetzung des rothen Glases durch gelbbraunes oder durch Verbindung verschiedener Gläser, welche ein nicht wirksames, weisses Licht geben. Ueber den Werth oder Unwerth dieser Dinge entscheidet nur der soeben angegebene Versuch.

Bei nöthiger Vorsicht in der Auswahl der rothen Cylinder ist der von vielen Seiten empfohlene peinlichste Schutz der nicht entwickelten Erythrosinplatte vor irgendwelchem Licht überflüssig. Die Empfindlichkeit dieser Platten für gelbe Strahlen ist zwar hoch, für rothe dagegen so gut wie Null. Es heisst daher nur die Arbeit erschweren, will man die Platte im Entwickelungsbade völlig verdeckt halten. Das Erscheinen des Bildes in der ersten und zweiten Minute ist für die Beurtheilung der Exposition am meisten charakteristisch. Wer ganz sicher gehen will, mag einen Pappdeckel gegen den rothen Cylinder lehnen, welcher die direkten Strahlen abhält.

Das Vorhandensein von Wasserleitung und Ausguss in der Dunkelkammer ist zwar angenehm, aber keineswegs unbedingt erforderlich; zwei grosse Eimer mit Wasser genügen zur Spülung nach dem Her-vorufen und Fixiren. Zwei Schalen, die eine zur Entwicklung, die

andere zur Aufnahme des unterschweifigsauren Natrons vervollständigen die Einrichtung. Muss die Bildschicht wegen zu grosser Hitze alaunirt werden, so kommt eine dritte Schale hinzu. Wegen der Leichtigkeit, das Bild in der Durchsicht zu betrachten, ohne die Platte aus der Schale zu heben, verwendet man beim Hervorrufen am besten Kipp-schalen aus durchsichtigem Celluloid.

Zum Hervorrufen des Bildes giebt es verschiedene Entwickelungs-flüssigkeiten, von denen jede einzelne in den Händen eines geschickten Photographen Gutes leistet. Früher erfreute sich, in Deutschland wenigstens, der Eisenoxalatentwickler allgemeinster Verbreitung; derselbe wurde dann zum Theil durch den Pyrogallus-Soda-Entwickler abgelöst. Eine Zeit lang empfahl man Hydrochinon als das Neueste und Beste; neu war hieran allerdings nur der billige Preis, denn die hervorrufenden Eigenschaften des früher sehr theueren Hydrochinons sind seit vielen Jahren bekannt. In neuerer Zeit werden Eikonogen, Rodinal, Amidol, Metol, Glycin, Diphenal, Ortol u. s. w. als das alleinige Heil der Trockenplatten angepriesen.

Es ist eine Eigenthümlichkeit aller neu auftauchenden Entwickler, dass dieselben (wenigstens in den Anpreisungen der Fabrikanten) im Stande sind, alle Fehler der Belichtung, Ueberexposition und Unter-exposition, vermöge der ihnen inne wohnenden Kraft auszugleichen. Das wäre für den Mikrophotographen natürlich eine prächtige Sache. Leider merkt der unbefangene Beobachter von diesen Vorzügen nichts.

Am besten eignet sich zum Ausgleich nicht richtiger Belichtungs-zeiten Glycin. A. v. HÜBL¹ veröffentlichte über diesen in jeder Beziehung unübertrefflichen Entwickler jüngst eine ausgezeichnete Studie. Am bequemsten zu handhaben und auch sonst recht empfehlenswerth ist Rodinal, da man die käufliche Lösung nur mit 20 bis 30 Theilen Wasser zu verdünnen braucht. Verfasser arbeitet seit Jahren ausschliesslich mit Amidol². Jeder bleibe bei dem Entwickler, auf den er sich eingeübt hat.

Schwer zu beantworten ist die Frage, wann man die Entwickelung abbrechen soll. In diesem Punkte lernt man nur durch grosse Uebung das Richtige treffen. Manche wollen so lange entwickeln, bis das Bild in der Durchsicht die genügende Kraft hat. Das ist leichter gesagt als gethan; denn sobald die Einzelheiten des Bildes, wie so häufig in der Mikrophotographie, sehr fein sind, erkennt das Auge bei dem

¹⁾ A. v. HÜBL, Die Entwickelung der Bromsilbergelatine. Halle 1898, Knapp.

²⁾ Die Gebrauchsanweisung liegt jedem Packet bei.

matten Scheine der rothen Laterne in der Durchsicht schon bald nach dem ersten Erscheinen des Bildes nichts mehr. Andere meinen, man müsse so lange entwickeln, bis das Bild anfängt, auf der Rückseite der Platte sichtbar zu werden. Auch dies Zeichen ist trügerisch, weil die Art der Platten hierbei eine grosse Rolle spielt. Bei dünn gegossenen Platten erscheint das Bild lange vor der fertigen Entwicklung auf der Rückseite, während man bei dick gegossenen diesen Augenblick kaum abwarten darf. Auch die Beschaffenheit des Bildes in der Aufsicht bietet keine zuverlässigen Anhaltspunkte.

Haupterfordernis für gute Entwicklung ist daher genaue Kenntnis seiner Platten. Der Mikrophotograph kann keinen gröberen Fehler begehen, als auf irgendwelche Empfehlung hin mit der Plattensorte zu wechseln. Man arbeite sich auf bestimmte Platten gut ein und wird dann immer zu befriedigenden Resultaten gelangen.

Bei wesentlichen Abweichungen von der richtigen Belichtung wiederhole man die Aufnahme unter allen Umständen so oft, bis die richtige Expositionszeit getroffen ist. In diesem Punkte offenbart sich die wahre Grösse des Mikrophotographen. Wer mit unrichtig belichteten Platten sich begnügt, möge etwas Anderes thun, als Mikrophotographie betreiben. Verschleierte und zu harte Negative sind zu verwerfen; sie liefern niemals befriedigende Abzüge.

Unter den Fixirbädern gebe man dem sauren Fixirsalz den Vorzug; dasselbe klärt die Platten besser, als gewöhnliches Fixirnatron. Das Fixirbad ist häufig zu erneuern, da Platten, die in alten Bädern ausfixirt wurden, sich nicht halten. Schnelles Verderben der Negative ist viel häufiger auf alte Fixirbäder, als auf mangelhaftes Auswaschen nach dem Fixiren zurückzuführen. Man thut gut, die Platte nach Verschwinden des weissen Bromsilbers noch wenigstens 5 Minuten im Fixirbade zu belassen, da dem Auge unsichtbare Reste ein Verderben des Negativs herbeiführen können.

Wir bemerkten bereits (S. 186), dass die vom Erythrosin herührende rosarote Färbung während des Auswässerns bei Badeplatten nach kurzer Zeit, bei den in der Emulsion gefärbten dagegen meist erst nach 24 Stunden schwindet. Das ausgewaschene Negativ stellt man an einem staubfreien Orte zum Trocknen auf.

Ist das Negativ schleierfrei, jedoch ohne die nöthige Kraft, so empfiehlt es sich, eine Verstärkung vorzunehmen. Diese sowohl, wie die im Folgenden zu beschreibende Abschwächung kann beliebig lange nach der Entwicklung geschehen. Verschleierte Platten zu verstärken bringt keinen Vortheil, da hierdurch der Schleier dicker wird, ohne dass das Bild wesentlich an Kraft gewinnt.

Zum Verstärken hat man zwei Vorrathslösungen nöthig:

Lösung I

Sublimat	4 g
Destillirtes Wasser . . .	200 „

Lösung II

Schwefigsaures Natron . .	20,0 g
Destillirtes Wasser . . .	200,0 „

Man legt die zu verstärkende, gut ausgewaschene Platte in Lösung I, wo sie so lange verbleibt, bis sie auf der Vorder- und Rückseite vollständig weiss geworden ist. Nach Abspülen unter dem Hahn kommt sie in Lösung II, wo sie sich wiederum schwärzt. Hierauf ist einige Stunden in mehrmals gewchseltem Wasser auszuwaschen.

Genannter Verstärker wirkt nicht sehr kräftig. Man vermeide aber in der Mikrophotographie die kräftigen Verstärker, da sie das Korn der Platten zu sehr vergröbern.

Die Verstärkung ist ein dem Anfänger sehr willkommener, für den Geübten überflüssiger Nothbehelf. Man kann aus der Zahl der Platten, welche verstärkt werden müssen, ohne Weiteres einen Schluss auf die Uebung des angehenden Photographen ziehen. Werth besitzt die Verstärkung nur in den Fällen, wo es sich um Aufnahme ungefärbter, wenig gegensatzreicher Objekte, z. B. lebender, in Wasser eingebetteter Bakterien, handelt. Belichtet man bei derartigen Präparaten, welche dem Auge kaum erkennbare Einzelheiten aufweisen, etwas zu kurze Zeit, entwickelt dann langsam unter Zusatz von Bromkalilösung und verstärkt das Negativ, so lassen sich Einzelheiten sichtbar machen, welche bei der Okularbeobachtung nur mit äusserster Mühe wahrnehmbar sind.

Bei der Abschwächung verfährt man folgendermassen: Als Vorrathslösung ist herzustellen eine Mischung von 5 g Kupfervitriol, 15 g Kochsalz und 50 g destillirtem Wasser. Zum Gebrauch verdünne man diese Lösung mit 8 bis 10 Theilen destillirten Wassers und übergiesse damit die in einer Schale liegende, abzuschwächende Platte. Letztere verändert sich hierbei in der Durchsicht und in der Aufsicht kaum merklich; erst wenn man sie nach Abspülen unter dem Hahn in das Fixirbad einlegt, tritt die Wirkung der Abschwächung zu Tage. Um daher nicht zu stark abzuschwächen, belasse man das Negativ nur kurze Zeit in der Kupfervitriol-Kochsalz-Lösung und wiederhole den

Vorgang mehrmals, bis ein hinreichender Grad der Durchsichtigkeit erreicht ist. Man kann nach kurzem Abspülen unter dem Hahn, ohne längeres Auswässern, das Negativ beliebig oft von der einen in die andere Schale bringen. Nach Beendigung der Abschwächung ist gründlich zu waschen.

Diese Abschwächung erweist sich in geschickten Händen als ein werthvolles Hilfsmittel zur Herstellung gut kopirender, glasklarer Negative. Abgesehen davon, dass es hierdurch gelingt, einen leichten Schleier zu entfernen, kann man auf diesem Wege unvermeidliche Härten mildern. Der genannte Abschwächer nimmt an den Stellen des Bildes am meisten fort, wo dasselbe am undurchsichtigsten ist. Bei Aufnahme ungewöhnlich dicker, kräftig gefärbter Präparate ist es häufig nicht möglich, allein durch die Entwicklung kopirfähige Negative zu fertigen: Die den helleren Stellen des Objektes entsprechenden Abschnitte der Platte sind schon völlig verbrannt, während die dunkelen Einzelheiten erst anfangen, sichtbar zu werden. Wir verfahren in diesem Falle folgendermassen: Man exponirt so lange, bis man vermuten darf, dass auch die dunkelsten Theile des Objektes einen Eindruck auf die lichtempfindliche Platte ausgeübt haben. Dazu ist mitunter eine 20- bis 30mal längere Belichtung erforderlich, als bei normalen Präparaten. Nunmehr wird kräftig so lange entwickelt, bis auch diejenigen Abschnitte, welche am wenigsten Licht empfingen, sich schwärzen. Nach beendetem Fixiren und kurzem Abspülen unter dem Hahn wird dann sogleich die Abschwächung vorgenommen. Auf diesem Wege gelang die Herstellung brauchbarer Negative von Objekten, deren Aufnahme anfänglich unmöglich erschien.

Wie für die Verstärkung, so giebt es auch für die Abschwächung andere Rezepte, mit denen Geübte Gutes leisten können. Besonders beliebt ist der Fixirnatron-Blutlaugensalz-Abschwächer. Weil derselbe aber nicht mit derselben Sicherheit und Leichtigkeit gestattet, zu grosse Gegensätze im mikrophotographischen Negativ auszugleichen, so bringt er uns weniger Nutzen.

Da es unser Grundsatz ist, in den das negative und positive Bild behandelnden Abschnitten nur das unbedingt Nothwendige zu geben, so begnügen wir uns mit den im Obigen angeführten Vorschriften. Wer glaubt, mit denselben nicht auszukommen — Verfasser kam in allen Fällen damit aus —, möge aus irgend einem photographischen Kalender oder Taschenbuche weitere Rezepte entnehmen.

Manche lieben es, alle zum Entwickeln, Verstärken und Abschwächen nöthigen Lösungen fertig gemischt aus photographischen Handlungen zu beziehen. Davor ist dringend zu warnen, denn nicht

selten werden minderwerthige Chemikalien, welche der Fachphotograph nicht abnimmt, zum Ansetzen dieser Lösungen verwendet; der Händler denkt, für den Freund der Photographie sind dieselben gut genug.

4. Die Beurtheilung des Negativs

Das fertige Negativ unterwerfe man strengster Kritik. Wer hierbei gewissenhaft zu Werke geht, wird in der Folgezeit um so seltener Fehlgriffe thun.

Häufig zeigen sich auf der Platte bei der Durchsicht kleine helle Pünktchen und Strichelchen, von denen letztere bei Bakterienaufnahmen leicht Geisseln vortäuschen können. Sie sind verursacht durch Staubtheilchen, welche auf der Gelatine haftend die unter ihnen gelegene Schicht bei der Aufnahme vor Licht schützten. Zumeist gelangen sie mit der nicht oder mangelhaft filtrirten Erythrosinlösung, oder beim Trocknen der Badeplatten im stauberfüllten Raume auf die Platte. Abhilfe ergiebt sich hieraus von selbst.

Weniger den Werth als die Schönheit der Bilder beeinträchtigt ungewöhnlich grobes Korn der Bildschicht, wie es sich zuweilen bei hochempfindlichen Platten findet. Wird ein solches Negativ vergrössert, so macht sich dieser Uebelstand um so mehr bemerkbar; die Abzüge gewinnen ein unschönes, sandiges Aussehen. Der Mikrophotograph wähle daher Plattensorten mit möglichst feinem Korn.

Schon früher wurde darauf hingewiesen, dass man allzu breite, unscharfe Randzonen, welche besonders bei Aufnahmen mit starken Objektiven auftreten, zu vermeiden sucht. Auch wurde angegeben, wie man durch Blenden im Projektions-Okular oder unmittelbar vor der Platte das Gesichtsfeld einengt. Verfasser zieht es vor, Blenden nicht in Anwendung zu bringen, sondern im fertigen Negativ die Bildschicht so abzurunden, dass um die scharfe Mitte nur eine schmale, unscharfe Zone übrig bleibt. Wie dies auszuführen ist, wurde auf Seite 80 auseinandergesetzt. Man hat bei diesem Verfahren den Vortheil, die beste und wichtigste Stelle des Bildes mit Leichtigkeit in die Mitte des Bildkreises bringen zu können.

Die gewöhnlichsten Fehler aller Negative, besonders der von Anfängern gefertigten, sind unscharfe Umrisse, welche verschiedenen Ursachen ihre Entstehung verdanken. In erster Linie kommt hierbei die Fokusdifferenz in Frage, welche früher alle mikrophotographischen

Arbeiten derart beeinträchtigte, dass Manche die Erzeugung scharfer Bilder überhaupt für unmöglich hielten.

Wer sich genau an die im Obigen gegebenen Vorschriften hält, gelbempfindliche Platten und ein Filter verwendet, welches nur Licht von engbegrenzter Wellenlänge hindurchlässt, kann die Fokusdifferenz seiner Objektive vernachlässigen. Man hat also nach anderen Gründen zu forschen. In der Mehrzahl aller Fälle wird Unschärfe des Negativs durch unscharfes Einstellen auf der Visirscheibe erzeugt. Wer Gelegenheit hatte, Anfängern Unterricht in der Mikrophotographie zu ertheilen, weiss, wie schwer es Vielen fällt, bestmögliche Einstellung zu Wege zu bringen. Wir reden nicht von den zahlreichen mikrophotographischen Apparaten, welche wegen mangelhaft konstruirter Verlängerung der Mikrometerschraube scharfes Einstellen überhaupt zur Unmöglichkeit machen. Selbst bei der eine grosse Feinheit im Einstellen gestattenden Verlängerung durch Schnurlauf und dem sauber gearbeiteten, sicher wirkenden HOOKE'schen Schlüssel fällt es nicht Wenigen unglaublich schwer, die unbedingt nothwendige Schärfe auf der Visirscheibe hervorzubringen. In früheren Kapiteln wurde wiederholt darauf hingewiesen, dass die beste Einstellung beim Einsetzen der Kassette in den Apparat verloren geht, wenn Kamera und Mikroskop auf demselben Laufbrett befestigt sind. Hier schafft nur eine Säge Abhilfe.

Ferner hat man daran zu denken, dass Erschütterungen des Apparates während der Belichtung und Veränderung der Einstellung bei langer Exposition die Unschärfe herbeigeführt haben könnten.

Zuweilen zeigt es sich, dass in unbeabsichtigter Weise die Mitte unscharf ist, und daher gerade die Haupttheile des Bildes verschwommen erscheinen. Dass man unter Umständen diesen Fall absichtlich herbeiführt, wurde auf Seite 189 erwähnt. Unschärfe der Mitte kann verursacht sein durch Fokusdifferenz oder durch scharfe Einstellung eines peripher gelegenen Punktes im Gesichtsfelde.

In nicht ganz seltenen Fällen ist bei allen mit demselben Mikroskop gefertigten Aufnahmen eine Seite des Negativs wesentlich unschärfer als die andere, auch wohl ein mehr oder minder breiter, mitten durch das Gesichtsfeld verlaufender Streifen scharf, während beide Seiten unscharf sind. Das hat seinen Grund in mangelhafter Richtung des Objektisches; die Tubusachse steht nicht genau senkrecht auf demselben. Hier hilft nur Zurücksenden des Mikroskops an den Verfertiger.

Ein gewöhnlicher Fehler nicht nur von Anfängern gefertigter Negative ist ungleiche Helligkeit des Gesichtsfeldes. Auf der Visir-

scheibe erschien die Helligkeit völlig gleichmässig, in dem entwickelten Negative sind einzelne Abschnitte, meist eine ganze Hälfte, wesentlich undurchsichtiger als das Uebrige. Die lichtempfindliche Platte nimmt es mit geringen Helligkeits-Unterschieden, welche nur das geübteste Auge erkennt, überraschend genau. Abhilfe schafft Regulirung der Beleuchtung nach den in Abschnitt IV dargelegten Grundsätzen. Haupt-sache bleibt dabei immer, dass derjenige Theil der Lichtquelle, welcher durch den Beleuchtungsapparat in die Objektebene projizirt wird, gleichmässig hell ist. Man darf beispielsweise niemals die Randzone und einen Theil der Mitte einer Petroleumflamme zur Beleuchtung ver-wenden, da diese Abschnitte verschieden hell sind. Ungleiche Deckung der Negative wird vermieden, wenn das durch den Kondensor ent-worfene Flammenbildchen solche Ausdehnung hat, dass ein sehr kleiner Theil desselben das Gesichtsfeld voll ausfüllt, und wenn der Beleuch-tungsapparat — wie der achromatische Kondensor von ZEISS — so genau korrigirt ist, dass er auch bei voller Oeffnung ein scharfes Bild einer gleichmässig hellen kleinen Lichtquelle, z. B. der Sonne, zeichnet. Durch das von KÖHLER eingeführte Beleuchtungsverfahren (s. S. 132) wird Erzielung gleichmässig gedeckter Negative ungemein erleichtert.

Nicht zu verwechseln mit dem soeben gerügten Fehler ist die-jenige ungleiche Dichtigkeit der Negative, welche hervorgebracht wird durch ungleichmässiges Ueberfliessen des Entwicklers über die in der Schale liegende Platte. Werden einzelne Abschnitte der Platte von dem Hervorruber später benetzt als andere, so bleiben dieselben um so heller, je schneller und kräftiger der Entwickler wirkt. Diese Art der ungleichen Deckung unterscheidet sich von der auf ungleiche Er-hellung des Gesichtsfeldes zurückzuführenden dadurch, dass bei letzterer die Uebergänge sanft sind, während im anderen Falle die hellen Zonen gegen die dunklen sich scharf abgrenzen. Starkes Bewegen der Schale, sobald der Entwickler hineingegeben ist, und nicht zu grosse Sparsam-keit bei Abmessung der Flüssigkeitsmengen ersparen in dieser Hinsicht dem Mikrophotographen viel Arbeit und Aerger.

Der unliebsamste und häufigste Gast aller Negative ist der Schleier. Anfänger sind schnell bereit, für jeden Schleier den Plattenfabrikanten verantwortlich zu machen. Da gegenwärtig in Folge grosser Kon-kurrenz höchst selten schlecht bereitete, auch bei richtiger Behandlung schleiernde Platten in den Handel kommen, so denke man bei ein-tretender Verschleierung zuerst an sich selbst und in zweiter Linie an die Plattenfabrik. Es giebt ein vortreffliches Mittel, mit Sicherheit zu entscheiden, ob den Lieferanten ein Vorwurf trifft, oder nicht: Man entnehme bei völliger Dunkelheit dem bisher verschlossenen Packet

eine Platte und lege sie in frisch gemischten, kräftigen Entwickler. Durch Betasten mit dem angefeuchteten Finger kann man leicht entscheiden, welches die präparierte Seite ist. Bleibt die Platte nach mindestens 5 Minuten langem Verweilen im Hervorruf er und nach völligem Ausfixiren glasklar, so kann ein bei späteren Arbeiten eintretender Schleier niemals der Fabrik zur Last gelegt werden.

Um die Ursachen der Verschleierung zu ermitteln, richte man sein Augenmerk vor Allem auf die Ausdehnung des Schleiers. Erstreckt sich derselbe über die ganze Platte, ohne irgendwelche, auch noch so schmale Randstreifen frei zu lassen, so deutet dies auf Einwirkung von Licht, bevor die Platte in die Kassette eingelegt oder nachdem sie aus dieser herausgenommen wurde. Hier kommt es also darauf an, die Dunkelkammer auf ihre völlige Dunkelheit und den Cylinder der rothen Laterne auf seine Undurchlässigkeit von chemisch wirksamen Strahlen zu prüfen. Wie leicht erklärlich, werden Spuren von wirksamem Licht besonders während des Trocknens der Badeplatten verderblich. Auch ein unreiner oder verdorbener Entwickler kann Verschleierung der ganzen Platte herbeiführen.

Ist die ganze Platte verschleiert mit Ausnahme der schmalen Ränder, mit denen dieselbe in der Kassette aufliegt, so deutet dies auf Nebenlicht innerhalb der Kamera. Man blicke also bei möglichst hell erleuchteter Umgebung der Kamera in dieselbe und forsche, ob ausser durch den Tubus an irgend einer Stelle Strahlen in das Innere gelangen. Da auch der Rahmen, welcher die Kassette aufnimmt, undicht gearbeitet sein kann, so verabsäume man nicht, Kamera und Kassette mit schwarzem Tuch zu überdecken.

Ist nur der Bildkreis verschleiert, die Umgebung desselben jedoch glasklar, so hat man zunächst an Ueberexposition zu denken. Jedoch auch ohne eine solche, selbst bei erheblicher Unterexposition, tritt Verschleierung ein, wenn erstens neben durchfallendem Licht wesentliche Mengen von Oberlicht das Präparat treffen, zweitens die Oeffnung des beleuchtenden Lichtkegels für das jeweilig benutzte Objektiv zu gross ist und drittens vom Präparat erheblich mehr erhellt ist, als das aufzunehmende Gesichtsfeld.

Randschleier, welche in besonders ausgesprochenen Fällen sich über die ganze Platte ausdehnen, röhren von Zersetzung der lichtempfindlichen Schicht her und stellen sich vorwiegend bei zu lange aufbewahrten Badeplatten ein.

Wenn wir bisher von Schleier sprachen, so bezog sich das ausschliesslich auf Grauschleier. Grün-, Gelb- und Rothschieier, welche ihren Ursprung unreinen und mangelhaft zusammengesetzten Entwicklern,

Fixir-, Verstärkungs- und Abschwächungsbädern verdanken, erfordern zu ihrer Entfernung verschiedenartige Methoden, deren Erörterung uns zu weit führen würde. In nicht seltenen Fällen verlangsamen diese Schleier das Kopiren, thun aber der Güte des Bildes keinen Abbruch.

Ausser mit Verschleierung hat der Anfänger mit Härte der Bilder zu kämpfen, welche Folge von zu kurzer Belichtung ist. Harte Negative zeigen zu starke Gegensätze: Unmittelbar neben pechschwarzen Stellen ist die Bildschicht glasblank und ohne jede Zeichnung. Hier hilft kein Verstärken, welches die Schwärzen nur noch schwärzer machen würde. Das einzige Heil liegt in Wiederholung der Aufnahme bei längerer Belichtung.

Mitunter ist das Negativ zwar gut durchgezeichnet, das Ganze aber ist zu dick, so dass man nur beim Betrachten gegen helles Licht Einzelheiten wahrnimmt. Der Grund liegt in zu langer Entwicklung; vorsichtige Abschwächung kann die Aufnahme retten. Das Gegenstück hierzu bildet ein zu dünnes Negativ, dessen Entwicklung nach richtiger Belichtung zu früh unterbrochen wurde. Auch kann trotz richtiger Entwicklung zu hohe Empfindlichkeit der Platte Schuld sein. Nachträgliches Verstärken leistet hierbei gute Dienste.

Unter den vielen möglichen Fehlern der Negative, die einzeln aufzuzählen sich der Mühe kaum verlohnt, sei nur noch auf schwarze Säume aufmerksam gemacht, welche bisweilen alle Einzelheiten umgeben. Es sind Diffraktionssäume, welche herrühren von zu engem Beleuchtungskegel. Meist nimmt das Auge dieselben im Präparate kaum wahr, während die Bromsilberschicht, welche auch auf geringe Helligkeitsunterschiede lebhaft reagirt, sie als dicke Linien darstellt.

Dem Anfänger fällt es schwer zu beurtheilen, ob ein Negativ allen Anforderungen entspricht und kopirfähig ist, oder nicht. Er möge sich deshalb einige gute, von Getübten gefertigte Platten als Muster halten. Das spornt zum Vorwärtsstreben an, während man sich sonst mit Mittelware begnügt. Auch verabsäume man nicht, von allen leidlich gut gerathenen Negativen Probeabzüge zu machen, um leichter zu erkennen, wo noch Verbesserung Noth thut. Wer ernstlich bestrebt ist, Gutes zu leisten, darf die Wiederholung einer Aufnahme niemals unbequem und langweilig finden.

5. Die Negativ-Retusche

In der Porträt- und Landschaftsphotographie, besonders in ersterer, spielt die Retusche eine Hauptrolle. Es ist kaum zu viel gesagt, dass die landesüblichen Porträts in demselben Masse Produkte der Zeichenkunst des Photographen, als der Einwirkung des Lichtes auf das Bromsilber sind. Manche Porträt-Negative machen den Eindruck, als diene die Silberschicht nur als Unterlage für die Farbe des Retuscheurs. In der Mikrophotographie soll das anders sein. Kaum je wurden andere Meinungen geäussert, als dass hier jede Retusche fern zu bleiben hat; man wolle nicht sehen, wie der Photograph, sondern wie die Natur zeichnet. Dies ist leichter gesagt als gethan. Die Schwierigkeit liegt darin, dass sich nicht so ohne Weiteres entscheiden lässt, wo die erlaubten, irgendwelche Veränderung des Negativs herbeiführenden Massnahmen aufhören und wo das Unerlaubte anfängt. Wollte man ganz streng sein, so müsste jede Massnahme, welche das fertig entwickelte Negativ in irgend einer Weise verändert, untersagt werden. Wir wiesen bereits darauf hin, dass zweckmässige Abschwächung das Bild in nicht zu unterschätzender Weise umzugestalten vermag. Man ist so im Stande, Dinge sichtbar zu machen, die ohne Abschwächung unsichtbar blieben — und umgekehrt. Noch mehr: Ist es nicht möglich, auf zwei völlig gleich belichteten Platten zwei durchaus ungleiche Bilder hervorzurufen? Das eine Mal entwickelt man mit angewärmerter, kräftiger Lösung möglichst schnell, das andere Mal beginnt man unter reichlichem Zusatz von Bromkali und kräftigt nach und nach: Hierbei können viele Einzelheiten verloren gehen, welche bei ersterer Entwicklungsmethode deutlich sichtbar bleiben. Das ist keine leere Phrase; ein Beispiel möge es erläutern: In manchen Präparaten vom CORTI'schen Gehör-Organ sieht man in dem Tunnel ein überaus zartes, quer gespanntes Fäddchen, den Durchschnitt der Tunnel-Membran. Verfasser photographirte ein solches Präparat zwei Mal bei gleicher Belichtungszeit. Die Platten wurden in der oben angedeuteten Weise verschiedenartig entwickelt: In dem einen Negativ war das feine Fäddchen prächtig sichtbar, in dem anderen hob es sich von der Umgebung nicht im Mindesten ab. War das Endresultat etwa ein anderes, als wenn wir bei dem zweiten Negativ das Fäddchen fortretuschirt hätten?

Die erklärtesten Feinde der Retusche werden sich zu einem Zugeständnis herbeilassen müssen: Alle Massnahmen, welche in gleicher Weise auf die ganze Platte einwirken, sind unbedingt gestattet. Vielleicht muss man noch weiter gehen. Wir besitzen ein prächtiges

Negativ, welches nach grossen Mühen gelang. Das Präparat war schnelltem Verderben ausgesetzt; alle weiteren Versuche mit demselben sind daher ausgeschlossen. Leider hat das Negativ den einzigen Fehler, dass in Folge von ungleichmässiger Helligkeit des Gesichtsfeldes die Deckung beider Hälften verschieden ist. Jeder Fachmann weiss, wie leicht es hierbei geschieht, dass in der Kopie die eine Seite bereits völlig verbrannt ist, während die andere soeben erst anfängt zu kopiren. Was thun? Wir legen das Negativ in eine Schale und bespülen die dickere Hälfte vorsichtig, unter Zuhilfenahme eines Pinsels, mit abschwächender Lösung. Es gehört viel Geschick dazu, das Negativ hierbei nicht zu verderben, aber der Geübte kommt vollkommen zum Ziele. Das Resultat ist ein vortrefflich kopirendes Negativ.

Anstatt die dicke Seite abzuschwächen, könnte man die dünne verstärken, oder letztere auf der Rückseite des Negativs mit einer so stark aufgetragenen Farbschicht bedecken, dass nunmehr beide Hälften völlig gleichmässig kopiren. Für letzteres Verfahren spricht der Umstand, dass man die Farbe jederzeit abwischen und so das ursprüngliche Aussehen des Negativs wieder herstellen kann, was bei theilweiser Verstärkung und Abschwächung nicht möglich ist. Aber man befindet sich hier auf einem sehr abschüssigen Pfade. Alle Kontrolle darüber hört auf, inwieweit man das Bild durch Abdecken absichtlich verändert.

Gegen theilweise Abschwächung oder Verstärkung wird sich kaum ein ernstlicher Einwand erheben lassen, vorausgesetzt natürlich, dass hierdurch keine wesentlichen Veränderungen der Einzelheiten des Bildes herbeigeführt werden, sondern dass es sich nur um den Ausgleich verschiedener Helligkeit handelt. Bleistift und Tusch-Pinsel mögen ein für alle Mal vom mikrophotographischen Negativ fernbleiben. Jedes Einzeichnen in das Negativ ist unbedingt verwerflich.

In das Gebiet der Negativ-Retusche gehört auch bei Diatomeen-Aufnahme das Abdecken des Gesichtsfeldes bis dicht an den Rand der Diatomee. Hierdurch wird erreicht, dass sich in der Kopie das Bild der Kieselschale von dem rein weissen Grunde vortrefflich abhebt. Es lässt sich nicht leugnen, dass dies Verfahren bei denjenigen Aufnahmen, welche Lehrzwecken dienen, sich vortrefflich bewährt. Wie häufig kommt es vor, dass z. B. die Surirella, auf welche es im Bilde vorwiegend ankommt, eingebettet liegt zwischen verschiedenen Exemplaren von Navicula. Dies muss den Lernenden verwirren.

Das Abdecken geschieht durch Auftragen einer undurchsichtigen Deckfarbe auf der Rückseite der Platte oder durch Bekleben mit

dunklem Papier daselbst. Hierdurch werden die unnatürlich scharfen Umrisse vermieden, welche beim Decken auf der Bildseite entstehen.

Das Abdecken darf natürlich niemals bei solchen Bildern geschehen, welche über die Struktur der Diatomee irgend etwas beweisen sollen. Hier kommt es, wie bereits früher erörtert, vor Allem auf die ausserhalb der Kieselschale auftretenden Linien an, welche als Diffraktionssäume zu deuten sind und jede Art der Längs- und Querstreifung vortäuschen können. Verdeckt man hier die Umgebung der Diatomee, so raubt man den Bildern jeden Anspruch auf Wissenschaftlichkeit, da es nunmehr unmöglich wird zu entscheiden, ob die vorhandene Streifung ein Kunstprodukt ist oder nicht. Nirgends ist das Abdecken so unstatthaft, wie bei *Amphibleura pellucida*.

Manche lieben es, die Rückseite von Diatomeen-Negativen mit Aurin-Kollodium zu übergießen und die gelbliche Schicht über der Kieselschale fortzukratzen. Die Diatomee kopiert dann kräftig, während die Umgebung wesentlich heller bleibt, ohne ganz weiss zu werden. Nach diesem Verfahren hergestellte Abzüge sehen besser aus, weil sich das Bild der Schale besser abhebt. Bei *Amphibleura*-Negativen muss auch dies unterbleiben, weil die mitunter nur schwach angedeuteten Linien ausserhalb der Schale hierdurch noch schwerer sichtbar werden. Dasselbe gilt vom Verstärken der die Kieselschale umgebenden Bildschicht.

6. Die Vergrösserung des Negativs

Die nachträgliche Vergrösserung des Negativs, welcher man früher eine hohe Bedeutung beilegte, wird gegenwärtig in der Mikrophotographie nur ganz ausnahmsweise geübt. VAN HEURCK war in neuerer Zeit wohl der Einzige, welcher die ursprünglichen Aufnahmen mit so kurzer Kamera machte, dass dieselben nachträglich erheblich vergrössert werden mussten. Niemals ist ausser Acht zu lassen, dass die nachträgliche Vergrösserung weit mehr Mühe und Kosten verursacht, als in dieser Beziehung durch die kleine gegenüber der grossen Originalaufnahme erspart wird.

In seltenen Fällen ist zwei- bis dreimalige, aber nicht stärkere, nachträgliche Vergrösserung am Platze, dann nämlich, wenn die Einzelheiten des Negativs so fein sind, dass zwar das kurzsichtige, nicht aber das weitsichtige Auge sie ohne Lupe deutlich erkennt, und eine

Steigerung der Originalvergrösserung wegen nicht ausreichender Helligkeit der Lichtquelle oder mangelnder Balgenlänge unmöglich ist.

Sollte es ohne nachträgliche Vergrösserung nicht abgehen, so sorge man bei der Originalaufnahme für eine Platte von möglichst feinem Korn. Die früher verwendeten, nassen Jodsilber-Kollodium-Platten sind den Bromsilber-Trockenplatten in dieser Hinsicht wesentlich überlegen; doch giebt es auch Trockenplatten, deren Korn an Feinheit wenig zu wünschen übrig lässt.

Zum Zwecke der Vergrösserung ist nach dem Originalnegative zuerst ein Diapositiv, d. h. ein positives Bild auf Glas, anzufertigen, und nach demselben das neue Negativ. Man kann dem Glasbilde die endgültig gewünschte Grösse geben und hiernach ein ebenso grosses Negativ kopiren, oder das Diapositiv in Grösse der Originalaufnahme herstellen und erst das Negativ nach demselben vergrössern, oder sowohl Diapositiv wie Negativ vergrössern.

Die Vergrösserung geschieht mit Apparaten, welche den Projektionsapparaten entsprechend gebaut sind: An Stelle des bei letzteren zum Auffangen des Bildes verwendeten weissen Schirmes setzt man die lichtempfindliche Platte. Das Schema eines solchen Apparates ist in Figur 47 auf Seite 147 gegeben. Man hat das hier angedeutete Präparat mit der zu vergrössernden Platte zu vertauschen.

Die Vergrösserung lässt sich auch mit Landschaftslinse und gewöhnlicher, langer Kamera derart vollführen, dass man die aufzunehmende Platte nahe dem Objektiv senkrecht aufstellt und nun das Ganze gegen den freien Himmel richtet. Bei den hier in Frage kommenden ganz schwachen Vergrösserungen ist Beleuchtung durch besondere Linsen nicht erforderlich.

Von wesentlichem Einfluss auf das Gelingen der Vergrösserung ist die Wahl der Platten. Nimmt man zur Herstellung von Diapositiv und vergrössertem Negativ gewöhnliche Bromsilber-Trockenplatten, so befriedigt das Resultat nicht. Die auf diesem Wege erhaltenen Bilder sind grobkörnig und machen einen unansehnlichen Eindruck. Man verwendet deshalb für das Diapositiv eine Chlorsilber-Gelatineplatte, welche überaus feines Korn besitzt und die zartesten Einzelheiten des Originalnegatives in vortrefflichster Weise wiedergiebt. Nach einem solchen Diapositiv kann man das Negativ auf gewöhnlicher Bromsilberplatte fertigen. Wegen grösserer Unempfindlichkeit der Chlorsilberplatte wird dieselbe unter dem Negativ im Kopirrahmen¹ bei der Lampe belichtet, so dass das Diapositiv die Grösse der Originalaufnahme hat.

¹⁾ Genaueres über Herstellung der Diapositive in Abschnitt VII.

Ueber die für vergrösserte Negative nothwendige Belichtungszeit giebt nur der Versuch Aufschluss. Die Entwickelung geschieht in gewohnter Weise.

Nach einer Papier-Kopie ein vergrössertes Negativ herzustellen, ist nicht rathsam, da hierbei die Feinheiten der ursprünglichen Aufnahme nie in tadelloser Weise wiedergegeben werden.

Siebenter Abschnitt

Das positive Bild

1. Die Kopie auf Papier

Schon im vorigen Abschnitte wurde darauf hingewiesen, dass man bei dem DAGUERRE'schen Verfahren sogleich bei der Aufnahme positive Bilder erhielt. Dieselben liessen sich jedoch nicht ohne Weiteres mit Hilfe des Lichtes vervielfältigen. Ganz anders gestaltete sich die Sache, als man lernte, negative Bilder auf Papier oder Glas zu erzeugen. Nunmehr war die Möglichkeit gegeben, nach dem Negativ eine beliebige Anzahl positiver Abzüge auf undurchsichtigen oder durchsichtigen Bildträgern zu fertigen. Nach verschiedenen, unvollkommene Resultate liefernden Versuchen mit Papieren, die mit Kochsalzlösung getränkt und dann mit Silberlösung behandelt waren, fand man im gesilberten Albuminpapier ein vortreffliches Mittel zur Herstellung positiver Bilder, welche alle Feinheiten des Negativs in ausreichender Weise wiedergeben. Das Ueberziehen des Papiers mit Eiweiss geschieht in besonderen Fabriken. So präparirt wird es vom Photographen wenige Stunden vor dem Gebrauch auf eine Lösung von salpetersaurem Silber gelegt, wo es einige Minuten schwimmt. Nach dem Trocknen ist dasselbe zum Kopiren fertig. Man kann, wie dies in Schriften über Mikrophotographie geschehen ist, mit dem genauen Beschreiben der Sensibilisirung des Papiers, dem Abbilden der dazu nothwendigen Schalen, Holzklammern und dergleichen nebenschälichen Dingen ganze Bogen füllen. Doch verzichten wir auf dies Mittel, dem Buche ein ansehnliches Aeussere zu geben und raten dem Mikrophotographen dringend, seine Zeit für nützlichere Dinge zu verwenden. Das Herstellen der Abzüge auf frisch gesilbertem Albuminpapier über-

lässt man dem Fachphotographen; es gehört viel Uebung dazu, die Papiere richtig zu behandeln. Ausserdem vergilbt und verdirbt die Albuminschicht schon nach einem Tage; der Vorrath muss also schnell aufgebraucht werden, und die Abzüge sind sogleich fertig zu machen, d. h. zu waschen, zu tonen und zu fixiren.

Seit einiger Zeit bringt man haltbare, gesilberte Albuminpapiere in den Handel. Die mit ihnen erzielten Abdrücke sind zumeist kraftloser, als diejenigen mit frisch gesilberten Papieren; wir unterlassen es daher, auf ihre Behandlung näher einzugehen. Der Freund der Porträt- und Landschaftsphotographie mag sich mit denselben begnügen; der Mikrophotograph darf sich niemals mit minderwerthigen Dingen zufrieden geben.

Von den zahllosen Kopirpapieren, welche die Neuzeit auf den Markt brachte, kommen für den Mikrophotographen nur 2 in Betracht: glänzendes Chlorsilberkollodium-(Celloïdin-)Papier und glänzendes Chlorsilbergelatine-(Aristo-)Papier. Alle Papiersorten mit stumpfer und rauher Oberfläche, die in der künstlerischen Photographie eine so grosse Rolle spielen, sind für den Mikrophotographen werthlos, da sie die Einzelheiten des Negativs niemals so gut wiedergeben, wie die hochglänzenden Chlorsilberpapiere. Genaueste Wiedergabe der Einzelheiten ist aber in der Mikrophotographie der einzig massgebende Punkt. Eine Kopflaus wird auch dann niemals künstlerischen Eindruck machen, wenn sie auf dem schönsten Mattpapier kopirt ist.

Da die Fabrikanten ihren Chlorsilberpapieren stets Gebrauchs- anweisungen beilegen, so sind hier nähere Angaben überflüssig. Sehr bequem ist das Behandeln der Kopien mit Tonfixirbädern, doch sind die hiermit erzielten Abzüge nicht so haltbar (besonders beim Celloïdin- papier) als bei Behandlung mit getrennten Bädern.

Die für den Mikrophotographen werthvollsten Fabrikate, weil sie die Einzelheiten des Negativs in vorzüglichster Weise wiedergeben, sind die Aristo-Papiere von LIESEGANG und von PELTZER.

Wesentlichen Einfluss auf die Haltbarkeit der Papiere übt die Art der Aufbewahrung aus. Die Papiere halten sich nämlich nur dann lange Zeit, wenn man sie vor Einwirkung der atmosphärischen Luft schützt. Wir empfehlen daher, sogleich nach dem Empfang die Umschläge zu lösen und die Blätter zwischen zwei gereinigten Glasplatten durch herumgeschlungenen Bindfaden fest zusammenzupressen. In dieser Weise sind sie in lichtdicht schliessenden Blechbehältern aufzubewahren, nicht etwa in Kisten oder Schränken aus frischem, harzreichem Fichtenholz, weil sie hier schnell vergilben und unbrauchbar werden. —

Nach dem Trocknen verleiht man den aufgezogenen Bildern durch Heiss-Satiniren Hochglanz. Nur das heiss satinirte Bild zeigt Alles, was bei den jetzigen Kopirverfahren aus dem Negativ herauszuholen ist.

An der Heiss-Satinirmaschine kann man erproben, ob der Photograph sauber zu arbeiten versteht. Die geringste Nachlässigkeit straft sich im günstigsten Falle damit, dass der erstrebte Hochglanz nicht erreicht wird, häufig genug jedoch mit dem Verluste des Bildes. Wer die im Folgenden gegebenen Vorschriften gewissenhaft befolgt, wird unangenehme Erfahrungen nie machen.

Die Maschine, welche aus stumpfer Eisenwalze und Stahlplatte mit hochpolirter, unmittelbar unter der Walze befindlicher Stahlleiste besteht, ist auf einem schweren Tisch fest zu verschrauben. Die Erhitzung geschieht durch zwei unter der Stahlplatte angebrachte Gas- oder Spiritusflammen. Während des Anheizens beschlägt die Walze; man muss sie daher, um Tropfenbildung zu verhüten, bis zur stattgefundenen Erwärmung mehrmals mit einem Lappen abwischen. Das Beschlagen lässt sich vermeiden, wenn man Walze und Stahlplatte in warmer Röhre (im Sommer durch längere Einwirkung der direkten Sonnenstrahlen) vorwärmt. Die vorgewärmte Maschine hat nach etwa 10 Minuten den zum Satiniren nothwendigen Hitzegrad, d. h. Plätt-eisenhitze, erreicht.

Vor dem Durchziehen durch die erhitze Maschine werden die Kopien mit Satinirseife gereinigt. Dies geschieht folgendermassen: Man reibt einen befeuchteten Leinwandlappen mit Seife ein und wischt damit über das Bild und die nebenstehenden Kartonränder, so dass sich die ganze Oberfläche mit einer dünnen Seifenschicht bedeckt. Durch Reiben mit trockenem Lappen ist diese Schicht bis auf die letzte Spur wieder zu entfernen.

Nachdem dies geschehen, fasst man mit der rechten Hand die Drehkurbel der Walze und steckt mit der Linken das Bild, die Bildseite nach unten, in den schmalen Spalt zwischen polirter Stahlleiste und Walze. Beim Drehen der Kurbel wird das Bild über die polirte Leiste hinweggedrückt. Dieser Vorgang wiederholt sich bei jeder Kopie 8- bis 10mal, wobei man nach mehrmaligem Hindurchziehen durch Drehen einer unter der Stahlplatte angebrachten Schraube den Spalt zwischen Leiste und Walze verengert, um den auf das Bild ausgeübten Druck zu vermehren. Die so behandelte Kopie wird hochglänzend und die feinsten Einzelheiten treten aufs Deutlichste hervor — ein bei Mikrophotogrammen nicht hoch genug zu veranschlagender Vortheil.

Ist die Maschine nicht heiss genug, so bleibt der Hochglanz aus, ist dieselbe zu heiss, so wirft die Bildschicht Blasen.

Die Doppelwalzen-Heiss-Satinirmaschinen sind insofern leichter zu behandeln, als hier keine Gefahr besteht, dass ein Bild beim Hindurchziehen stecken bleibt. Doch sind diese Maschinen erheblich theurer.

Will man, was für Demonstrationen im Auditorium sehr erwünscht ist, vergrösserte Kopien haben, ohne sich der Mühe von Herstellung vergrösserter Negative zu unterziehen, so verwendet man Bromsilberpapier. Der hierbei zu verwendende Apparat ist derselbe, wie ihn Figur 47 (Seite 147) darstellt. Nur ist das Präparat mit dem Negativ zu vertauschen.

Für weitere Behandlung der Bromsilberpapiere werden vom Fabrikanten der Papiere Gebrauchsanweisungen beigegeben.

2. Die Kopie auf Glas

Das Vollkommenste in der Wiedergabe feinster Einzelheiten des Negativs leisten die Glasbilder, welche, da es ohne Fremdwörter nicht abgeht, auch Diapositive oder Transparentpositive genannt werden. Die Ueberlegenheit des Glasbildes über das Papierbild besteht vor allen Dingen darin, dass auch die dunkel kopirten Stellen, welche bei auffallendem Licht gleichmässig schwarz erscheinen, bei durchfallendem die geringsten Helligkeitsunterschiede deutlich hervortreten lassen. Ausserdem sind die Glasbilder für den Projektionsapparat verwendbar und gestatten demnach die Vorführung der Aufnahmen in Vorlesungen und wissenschaftlichen Vorträgen. Die Projektionsapparate sind zumeist für ein Format von $8\frac{1}{2} \times 10$ cm eingerichtet.

Hochempfindliche Bromsilberplatten sind für Glasbilder nicht zu brauchen, theils wegen ihres groben Korns, theils wegen zu kräftiger Deckung der Schatten. An ihrer Stelle benutzt man (in Deutschland wenigstens) der Regel nach Chlorsilberplatten (z. B. von STEINSCHNEIDER). Am vorzüglichsten geeignet für Glasbilder ist unreife Bromsilberemulsion mit Zusatz von Chlorsilber, aus denen die guten englischen Diapositivplatten hergestellt sind. Leider sträuben sich die deutschen Fabrikanten mit grösster Hartnäckigkeit gegen Anfertigung der Chlor-Bromsilberplatten, und es wandern daher alljährlich für Diapositivplatten Unsummen nach England, welche bei minder starrem Festhalten unserer Fabrikanten am Alten im Lande verbleiben würden.

Man belichtet die Diapositivplatten im Kopirrahmen unter dem Negativ vor einer Gas- oder Petroleumflamme (wenige Sekunden), entwickelt wie Negativplatten (z. B. mit Amidol), fixirt im sauren Fixirbade und wäscht gründlich aus. Das fertige Bild wird mit einem Deckglase gegen Beschädigung der Bildschicht geschützt.

3. Die mechanischen Vervielfältigungsverfahren

Auf die Entwicklung der Mikrophotographie übte diejenige der mechanischen Vervielfältigungsverfahren einen entscheidenden Einfluss aus. Was nützen die schönsten Aufnahmen, wenn sie wohlverwahrt im Kasten liegen und nur mit ungewöhnlich hohen Kosten weiteren Kreisen zugänglich zu machen sind?

Eine kleine Kopie auf Albuminpapier lässt sich kaum für einen geringeren Preis als zehn Pfennig herstellen. Bei einer Auflage von Tausend würden sich also die Kosten eines einzigen Photogramms auf 100 Mark belaufen. Und nun die zum Kopiren nothwendige Zeit! Täglich fünf Abzüge von einem mitteldichten Negativ zu fertigen, ist eine achtbare Leistung. Häufig kopirt an trüben Wintertagen kaum ein einziges Blatt. 1000 Abzüge beanspruchen demnach wenigstens 200 Tage. Bei etwas dichteren Negativen und ungünstiger Witterung ist die doppelte Zeit nicht zu hoch veranschlagt. Das sind Schwierigkeiten, welche die Verwendung von Abzügen auf Albuminpapier als Illustration in wissenschaftlichen Werken ernstlich in Frage stellen. Chlorsilber-Papiere kopiren zwar schneller, der Preis stellt sich aber höher.

Um so mehr ist es anzuerkennen, dass die Verleger älterer mikrophotographischer Werke zu Zeiten, als die Verwendung von mechanischen Vervielfältigungsverfahren noch nicht in Frage kam, weder Zeit noch Kosten scheut und die Bücher ihr's Verlages in überraschend reicher Weise mit Mikrophotogrammen ausstatteten. Nur nebenbei sei erwähnt, dass die Schrift von GERLACH sieben Probefelder auf Albuminpapier enthält, diejenige von MOITESSIER deren acht, darunter eine stereoskopische Aufnahme. BENECKE fügt seiner Bearbeitung des MOITESSIER'schen Werkes zwei Tafeln bei, auf denen sich je sechs Aufnahmen befinden. Allerdings ist hier jede Tafel nach einem einzigen grossen Negativ kopirt, wodurch sich die Arbeit wesentlich vereinfacht.

Die Versuche, das zeitraubende Kopiren durch ein Druckverfahren zu ersetzen, reichen in frühe Zeit zurück. Schon im Jahre 1841 gelang es FIZEAU, galvanoplastische Abdrücke von Daguerreotypien zu erhalten. Durch eine eigenthümliche Aetzung der Daguerreotypie, welche dieselbe vertieft und zum Abdruck geeigneter macht, verbesserte FIZEAU seine Methode. Doch gaben die Galvanos immer nur ein ziemlich rohes Umrissbild des Objektes auf das Papier ab. Viel vollkommenere Resultate erzielten im Jahre 1853 NIEPCE DE ST. VICTOR und LEMAITRE, indem sie ein Glaspositiv auf asphaltirter Stahlplatte kopirten und einätzten. Die Aetzung bringt ein feines Korn in den Schatten hervor. Die geätzte Platte ähnelt einer gestochenen und nimmt wie eine solche in den Schatten Druckerschwärze an. Nach dieser Methode werden auch Halbschatten in ziemlicher Vollkommenheit wiedergegeben.

Ein ähnliches Verfahren wendeten BARRESWIL, LEMERCIER u. A. als Photolithographie auf Stein an. Doch zeigten die Abzüge gröberes Korn und entbehrten der Mitteltöne.

Im Jahre 1853 veröffentlichte TALBOT ein Verfahren, nach dem er druckfähige Bilder auf Kupfer, Stahl oder Zink erhielt. Er überzog die hochpolirte Metallplatte mit einer Chrom-Gelatineschicht, belichtete unter dem Negativ und behandelte darauf mit Aetzflüssigkeit, welche die Gelatine überall durchdringt, das Metall also angreift, wo das Licht nicht wirkte, während an den belichteten Stellen die Gelatine unlöslich und für die Aetzflüssigkeit undurchdringlich bleibt. Ist das Metall hinreichend angeätzt, so entfernt man die Gelatine und hat nun eine druckfähige Platte.

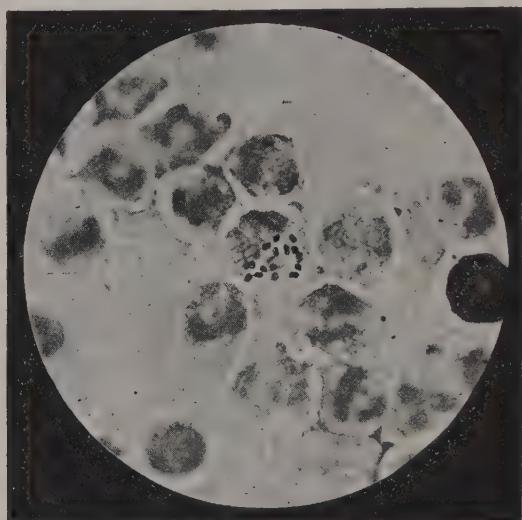
Im Laufe der Jahrzehnte wurden die verschiedenen Verfahren wesentlich verbessert. Heutigen Tags kommen für den Mikrophotographen drei Druckmethoden in Betracht:

1. Die Zinkätzung (Autotypie).
2. Der Lichtdruck (Albertypie oder Lichtleimdruck).
3. Die Heliogravüre (Photogravüre oder Kupferlichtdruck).

Jedes dieser Verfahren hat seine Vortheile und Nachtheile; keins derselben liefert jedoch Bilder, welche den Kopien auf Chlorsilber-Papier als völlig ebenbürtig an die Seite zu stellen sind. Porträt- und Landschaftsphotographen werden dies nicht zugeben. Sie haben von ihrem Standpunkte aus Recht; der Mikrophotograph steht aber auf einem anderen Standpunkte. Nicht als ob die besten dieser Vervielfältigungsverfahren Uebergänge und Halbtöne nicht in ausreichender Weise zur Darstellung brächten; nur die Wiedergabe der feinsten Striche lässt den Mikrophotographen unbefriedigt. Dass es mit der Zeit gelingen

wird, auch den höchsten Anforderungen zu genügen, ist ausser Frage. Nur mögen die betheiligten Kreise nicht jetzt schon die Hände in den Schoss legen und glauben, sie hätten Alles erreicht, was sich erreichen lässt.

Die Zinkätzung (Autotypie) ist das billigste Verfahren, liefert aber die am Wenigsten befriedigenden Resultate. Die Zink-Klisches lassen sich wie Holzstücke im Text drucken und benötigen nicht besondere Tafeln (Figur 63 und 64). Derartige Bilder zeigen niemals reine Weissen, sondern an Stelle derselben mehr oder minder feine



63

Punktirung. Hierin liegt die Schwäche des Verfahrens; denn die Punktirung hat unmittelbar zur Folge, dass alle Umrisse, sowohl diejenigen der tiefschwarzen Schatten, als auch der punktirten Halbtöne nicht scharf erscheinen, sondern das Aussehen einer feinen Säge darbieten. Das ist aber in der Mikrophotographie, wo auf scharfe Umrisse Hauptgewicht gelegt wird, ein gewaltiger Nachtheil. Ueberdies gehen zarte Halbtöne und feinste Linien verloren. Die Wiedergabe von Figur 63 (Tripper-Eiter mit Gonokokken, Vergr. 1000 linear) lässt man sich zur Noth gefallen. Die im Original gut sichtbaren feinen Trennungslinien der parweis an einander gelagerten Kokken gingen aber in der Reproduktion völlig verloren. Diejenigen Abschnitte rechts oben und links unten, welche hier im Druck grau erscheinen, zeigen im Silber-

bilde zarte Halbtöne. Noch schlimmer steht es mit Figur 64 (Spirille mit Geisseln an beiden Enden, Vergr. 1000 linear). Von den im Negativ prächtig ausgeprägten Geisseln ist hier kaum eine Spur wahrzunehmen.

Man muss also bei den in Autotypie wiederzugebenden mikro-photographischen Aufnahmen sorgfältige Auswahl treffen. Am besten eignen sich solche Bilder, wo es nicht auf feine Einzelheiten, sondern auf schematische Skizzirung ankommt.

Zur Herstellung der Autotypien hat man eine gute, hochglänzende



64

Papierkopie (nicht etwa das Negativ) an die Vervielfältigungsanstalt einzusenden.

Geschieht der Druck nicht im Texte, sondern auf besonderen Tafeln, die eigens hierfür mit Hochglanz präparirt werden, so sind die Ergebnisse etwas besser, die Kosten natürlich auch höher.

Auf dem Gebiete der Zinkätzung leisten Vorzügliches die Firmen BÜXENSTEIN & Co. (Berlin) und MEISENBACH, RIFFARTH & Co. (Berlin, Leipzig und München). Die Kosten eines einzelnen kleinen Zink-Klischees stellen sich auf 5-10 Mark.

Der Lichtdruck ist die am meisten angewendete Druckmethode. Er beruht darauf, dass eine Gelatinechromatschicht die Fähigkeit besitzt, an belichteten Stellen fette Farbe anzunehmen. Man bringt eine solche

Schicht auf Glas, belichtet unter einem Negativ, wäscht die vom Lichte nicht getroffenen Stellen aus und walzt mit der Lederwalze fette Farbe auf. Dieselbe geht dann auf einen angepressten Papierbogen über und man erhält einen positiven Abdruck, in dem auch die Halbtöne wiedergegeben sind. Dies Abdrucken lässt sich beliebig oft wiederholen. Unsere Tafel I ist ein Lichtdruck. Man kann je nach Wunsch mit tiefschwarzer, blauschwarzer oder bräunlicher Farbe drucken. Selbst Roth, Grün und Violett wurde in vereinzelten Fällen angewendet, um im Druck die Färbung der Präparate genau wiederzugeben; doch ist letzteres eine müssige Spielerei. Blauschwarz oder Braunschwarz wirkt für das Auge am Angenehmsten.

Der Lichtdruck giebt die feinsten Einzelheiten zwar nicht tadellos wieder. Gleichwohl wird sich dies Verfahren wegen seiner Einfachheit, verhältnismässigen Billigkeit und Ueberlegenheit über andere Verfahren nicht so leicht aus dem Felde schlagen lassen. Der Druck der Tafeln geschieht in der Regel mit der Buchdruckerpresse und nimmt daher wenig Zeit in Anspruch. Der Preis einer Tafel stellt sich für jedes Tausend auf 50-100 Mark, je nach Grösse des Papiers und Zahl der darauf befindlichen, einzelnen Aufnahmen.

Beinahe jede grössere Stadt besitzt Lichtdruck-Anstalten, deren Leistungen nicht allzusehr von einander abweichen. Der Mikrophotograph richte bei der Wahl sein Augenmerk hauptsächlich auf die Körnung der Drucke und die Wiedergabe feinster Striche und Punkte.

OBERNETTER in München bringt ein besonderes Glanzlichtdruckverfahren in Anwendung, welches an Schönheit der damit erzielten Resultate die gewöhnlichen Lichtdrucke nicht unerheblich übertrifft. Besonders werden bei demselben feinste Linien mit grosser Schärfe wiedergegeben. Doch sind die Herstellungskosten höhere.

Für den Lichtdruck eignen sich am besten klare, weiche, an Halbtönen reiche Negative. Selbst nach flauen Platten erhält man überraschend kräftige Abzüge. Harte Negative sind zu verwerfen.

Durch den Druck wird eine Umkehrung des Bildes herbeigeführt. Wünscht man ein aufrechtes Bild, welches der unter dem Negativ gefertigten Silberkopie entspricht, so müssen abziehbare Trockenplatten verwendet werden (s. S. 188). Die abgezogene Schicht legt sich beim Kopiren an die Druckplatte besser an, als das Glasnegativ, was besonders bei grossen Formaten der Schärfe des Bildes zu Gute kommt.

An dem Lichtdruck, der sich zur Text-Illustration nicht verwenden lässt, ist besonders zu tadeln, dass es schwer hält, grössere Auflagen gleichmässig herzustellen.

Heliogravüre, Photogravüre und Kupferlichtdruck sind die verschiedenen Benennungen des mit der Kupferdruckpresse und tiefgeätzter Kupferplatte geübten Verfahrens. Die Heliogravüre ist das vollkommenste, aber auch das theuerste aller photomechanischen Druckverfahren. Halbtöne und feine Einzelheiten werden vortrefflich wiedergegeben, besser als bei den vorher genannten Vervielfältigungsmethoden. Der allgemeinen Verwendbarkeit steht nur der hohe Preis im Wege. Für Anfertigung der druckfähigen Kupferplatte in Grösse der diesem Buche beigegebenen Heliogravüre-Tafel (II) wird 50 Mark und mehr berechnet. Dazu kommt der Preis für jeden einzelnen Abzug in Höhe von 8-10 Pfennigen. Bei einer Auflage von 1000 beträgt daher der Gesamtpreis 150 Mark und darüber. Grössere Formate sind wesentlich theurer. Die verstählt Kupferplatte gestattet, ohne an ihrer Schönheit Einbusse zu erleiden, beinahe unbegrenzte Zahl von Abzügen und lässt sich für spätere Vervielfältigungen beliebig lange aufbewahren. In der Druckfarbe hat man freie Wahl; die Abzüge fallen völlig gleichmässig aus. Vorzügliches auf diesem Gebiete leistet die Firma MEISENBACH, RIFFARTH & Co. Unsere Tafel II ist eine Heliogravüre.

Bei Besprechung des negativen Bildes in Abschnitt VI wurde die Frage der Retusche eingehend erörtert. Bei dem positiven Bilde — der Silberkopie sowohl, wie dem Lichtdruck — darf man sich in diesem Punkte kurz fassen: Positiv-Retusche irgendwelcher Art ist in der Mikrophotographie unter allen Umständen zu verwerfen. Will man Beweise seiner Geschicklichkeit im Zeichnen geben, so sind die kostspieligen Vervielfältigungsmethoden der Lichtbilder überflüssig.

4. Die Aufnahme in natürlichen Farben

Der Herzenswunsch aller Photographen: Wiedergabe der natürlichen Farben mit Hilfe der Photographie, ist gegenwärtig erst in beschränktem Masse erfüllt. Das auf diesem Gebiete Geleistete bleibt in hohem Grade beachtenswerth, wenn sich auch für die allgemeine Anwendbarkeit noch keine praktischen Folgen ergeben. Wir sprechen nicht von den indirekten Verfahren (Dreifarbindruck; SELLE's Verfahren), wo man mit Hilfe von drei gewöhnlichen Negativen, die mit drei frei gewählten Farben über einander gedruckt oder kopirt werden, zu einer mehr oder minder befriedigenden Farbenwiedergabe gelangt. Als photographische Wiedergabe der natürlichen Farben kommt für uns nur das LIPPMANN'sche Interferenzverfahren in Betracht, da es bis jetzt

die einzige Methode ist, welche direkt bei der Aufnahme haltbare Farben liefert. Auf die Einzelheiten des leider immer noch sehr unsicheren und schwierigen Verfahrens einzugehen, würde uns viel zu weit führen. Wir beschränken uns darauf, einige neuere Veröffentlichungen¹ über diesen Gegenstand namhaft zu machen.

Die nach LIPPmann's Verfahren gewonnenen Bilder sind nicht kopirfähig. Das durch die Belichtung erzielte Bild ist, wie bei den Daguerreotypien, positiv.

Auf die Mikrophotographie wurde das LIPPmann'sche Verfahren, so viel uns bekannt, überhaupt erst ein einziges Mal angewendet, und zwar vom Verfasser² im Jahre 1894. Mit AUER'schem Glühlicht und HARTNACK's Projektionssystem 31 mm Brw. wurde ein gefärbter Leberegel (*Distomum lanceolatum*) in 9facher Linearvergrösserung aufgenommen. Die Exposition beanspruchte 3 $\frac{1}{4}$ Stunden. Auf hochempfindlicher Bromsilberplatte würde unter sonst gleichen Verhältnissen eine Sekunde ausgereicht haben. Die hochgradige Unempfindlichkeit der für das LIPPmann'sche Verfahren erforderlichen Platten ist einer der grössten Uebelstände, welche diesem Verfahren anhaften.

¹⁾ VALENTA, E., Die Photographie in natürlichen Farben. Halle 1894, Knapp.

Die Aufsätze von Dr. R. NEUHAUSS über das LIPPmann'sche Verfahren in der „Photographischen Rundschau“ 1894, Heft 10, 11, 12; 1895, Heft 12; 1897, Heft 11, 12; 1898, Heft 1, 2, 3, 5.

Dr. R. NEUHAUSS, Die Farbenphotographie nach LIPPmann's Verfahren. Halle 1898, Knapp.

²⁾ Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie Bd. IX, 1894, S. 329.

Achter Abschnitt

1. Die Präparate

Genaueres Eingehen auf die Herstellung der Präparate ist nicht unsere Aufgabe; Specialwerke geben darüber Aufschluss. Die Präparirmethoden sind in unablässiger Entwicklung begriffen und wechseln mitunter im Laufe weniger Monate von Grund aus. Man denke nur an die Bakterien: Anfänglich begnügte man sich damit, wenn der Körper derselben hinreichend kräftige Färbung angenommen hatte. Gegenwärtig sollen auch die feinsten Anhängsel, die Geisseln, deutlich sichtbar gemacht werden. Wer weiss, ob die nächste Zukunft nicht ganz andere Anforderung an Bakterienpräparate stellt? In der Histologie liegen die Verhältnisse nicht anders.

Im Folgenden soll erörtert werden, wie Präparate beschaffen sein müssen, um für mikrophotographische Zwecke brauchbar zu sein. Im Allgemeinen gilt der Satz: Man photographire nur die allerbesten Präparate. Nach mangelhaften Objekten hergestellte Photogramme verloren nicht die auf sie verwendete Mühe. Viel Verstand gehört nicht dazu, dies einzusehen, und doch muthet man dem Mikrophotographen die seltsamsten Dinge zu. Wer sich damit befasst, in seinen Mussestunden für Andere mikrophotographische Arbeiten auszuführen, weiss ein Lied davon zu singen. Kommt da ein angehender Histologe, welcher glaubt, epochemachende Neuigkeiten in seinen Präparaten entdeckt zu haben; er gesteht zwar ein, dass die Sache nicht mit sonderlicher Deutlichkeit zu sehen sei, jedoch auf dem Photogramm werde sich das schon machen, denn es steht ja allerwärts zu lesen, dass die lichtempfindliche Platte der Netzhaut des Auges überlegen ist. Unterwirft man gedachte Präparate einer Prüfung, so stellt sich heraus, dass der Verfertiger es nicht einmal der Mühe für werth erachtete, Deckglässchen aufzulegen. Der Schnitt, das Zupf-Präparat oder Gott weiss welches Material, das für 30 Präparate ausgereicht haben würde, liegt

in Kanadabalsam unter einer Kruste von Staub und Schmutz begraben. Sollte gar ein Deckgläschen zur Verwendung gelangt sein, so reinigte man dasselbe vor dem Auflegen nicht, und der Lichtstrahl muss sich durch eine ansehnliche Schmutzschicht hindurcharbeiten, bevor er in das Objektiv eintritt.

Die Aufnahme eines nicht mit Deckgläschen bedeckten Objektes ist ein Unding, denn man erhält in Folge von unregelmässigem Strahlen-gang Zeichnungen, die keine entfernte Aehnlichkeit haben mit denjenigen, die im bedeckten Präparate erscheinen. Ueberdies sind unsere Objektive für Deckgläschen korrigirt.

Nun die Dicke der Objekte! Als ob es darauf ankäme, möglichst viel von dem zu untersuchenden Gegenstände auf dem Objektträger abzulagern. Bei der Okularbeobachtung kann man selbst in sehr dicken Präparaten Einiges erkennen; im Lichtbilde überdecken die unscharfen Umrisse der höher und tiefer gelegenen Ebenen die scharfe Zeichnung der Einstellebene und erzeugen jene genugsam bekannten Bilder, welche die Mikrophotographie so gründlich in Verruf brachten.

Man behauptete, dass, wenn die Photographie in der That nur diejenigen Objekte gut wiedergiebt, welche in einer Ebene liegen, der Mikrophotograph sich auf die Aufnahme von Diatomeen und Deckglas-Trockenpräparaten der Bakterien zu beschränken habe. Das ist völlig irrig. Denn erstens liegen in vielen histologischen Präparaten die Hauptdinge in einer Ebene, und es bereitet bei der grossen Vollkommenheit der Mikrotome keine unüberwindlichen Schwierigkeiten, hinreichend dünn zu schneiden. Zweitens kennt der Mikrophotograph Mittel und Wege, um auch von solchen Objekten, bei denen die Hauptdinge verschiedenen Ebenen angehören, brauchbare Bilder zu erzeugen. Man verwendet in letzterem Falle zur Aufnahme schwache Objektive oder schränkt bei Benutzung stärkerer Objektive die Breite des Beleuchtungskegels auf ein möglichst geringes Mass ein (Tafel II No. I). Allerdings lässt sich hierbei über eine gewisse Grenze nicht hinausgehen. Doch schmilzt die Zahl derjenigen Objekte, mit denen selbst der geschickteste Photograph nichts anzufangen vermag, auf ein verschwindend kleines Häuflein zusammen.

Vor 10 Jahren theilte CAPRANICA mit, dass er ein Mittel gefunden habe, auch die verschiedensten Ebenen angehörigen Dinge eines Objektes gleichzeitig im Bilde scharf darzustellen. CAPRANICA schreibt darüber¹⁾: „Mittels des Systems der successiven Pausen sei es ihm gelungen, auf derselben Platte die verschiedenen Ebenen eines beliebigen Präparates

¹⁾ Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie Bd. V, 1888, S. 228.

wiederzugeben, indem er auf diese Weise eine einzige Aufnahme des Ganzen bekommt“.

Auch BOUSFIELD¹ will bei Aufnahme von Diatomeen, wo wesentliche Einzelheiten verschiedenen Ebenen angehören, dadurch günstige Resultate erzielt haben, dass er mehrere Ebenen nach einander auf dieselbe Stelle der Platte photographirte. Bei *Craspedodiscus* z. B. solle man in dieser Weise drei Aufnahmen nach einander machen. Die Gesamtexpositionszeit ist hierbei doppelt so lange, wie bei gewöhnlicher Aufnahme. Auf's Sorgfältigste hat man darauf zu achten, dass während der Expositionen durchaus keine seitliche Verschiebung des Präparates stattfindet. Die Entwicklung hat dann sehr langsam unter reichlichem Bromkalizusatz zu geschehen.

Ob sich diese Methode allgemein bewähren wird, möchten wir bezweifeln. Bei Diatomeen liegen die Verhältnisse hierfür noch am günstigsten.

Die von einigen Seiten empfohlene Benutzung von blauem Glas für Objektträger und Deckglas, um hierdurch einfarbiges blaues Licht zu erzeugen, ist zu verwerfen, denn die durch blaues Glas hindurchgehenden Strahlen haben niemals eng begrenzte Wellenlänge. Nicht selten ist das Glas der Objektträger zu dick. Mag hierdurch auch die Widerstandsfähigkeit der Präparate grösser werden, so bringt doch der weite Abstand des Objektes von der Frontlinse des Beleuchtungssystems Nachtheile. Arbeitet man mit den Objektiven von ZEISS, welche eine Apertur von 1,60 haben, so müssen zu Objektträger und Deckgläschchen Glassorten verwendet werden, welche einen Brechungsexponenten von mindestens 1,60 haben. Dass in diesem Falle für das einbettende Medium ein ebenso hoher Brechungsexponent erforderlich ist, wurde schon früher erörtert.

Für Sichtbarmachung ungefärbter mikroskopischer Objekte, insbesondere der Diatomeen, bleibt es vortheilhaft, wenn dieselben sich in einem Medium befinden, dessen Brechungsindex von demjenigen des Objektes möglichst verschieden ist. Der Brechungsindex der Kiesel schalen beträgt etwa 1,50. Um also den nothwendigen Unterschied herbeizuführen, greift man, wenigstens bei den schwer zu lösenden Probeobjekten, zu brechenden Medien mit überaus hohem Index. Der Brechungsindex einer Lösung von Phosphor in Schwefelkohlenstoff beträgt 2,1, derjenige von Realgar 2,4. In diese Substanzen eingebettete Amphipleen lassen sich daher spielend auflösen; doch haften beiden

¹⁾ E. C. BOUSFIELD, Guide to the science of photo-micrography. 2. Auflage S. 119. London 1892.

Medien nicht unbedeutende Nachtheile an. Entwirft man nämlich das Sonnenbildchen in die Objektebene des Phosphor-Präparates, so zersetzt sich das Medium augenblicklich, auch wenn die Wärmestrahlen durch geeignete Absorptionsktivetten abgefangen sind. Realgar zeichnet sich durch grosse Beständigkeit aus, enthält aber so viele Verunreinigungen und Krystalle, dass hierdurch die Schönheit des Bildes erheblich leidet. Durch Anwärmen vor der Aufnahme lösen sich die Krystalle, und die Masse wird mehr gleichartig; doch hält diese Wirkung nicht lange vor, und ehe man zur Aufnahme schreiten kann, sind die Krystalle wieder da. Auch erfordert die Bereitung der Realgar-Präparate wegen der giftigen Dämpfe grosse Vorsicht. Endlich absorbirt Realgar einen grossen Theil der bei Auflösung von Probeobjekten vorwiegend in Betracht kommenden kurzwelligen Strahlen.

In Zinnchlorür und Jodkalium-Quecksilberjodid eingebettete Diatomeen lassen sich ebenfalls verhältnismässig leicht lösen; besonders giebt ersteres bei *Amphibleura pellucida* vortreffliche Resultate, doch ist die Haltbarkeit dieser Präparate begrenzt. Monobrom-Naphtalin eignet sich vorzüglich für verschiedene Diatomeen, sehr schlecht aber für *Amphibleura pellucida*.

Der Gedanke liegt nahe, den Unterschied zwischen Brechungsindex der Kieselchale und demjenigen des einbettenden Mediums dadurch möglichst gross zu machen, dass man die Diatomeen trocken einlegt. Bei denjenigen Schalen, welche zu ihrer Lösung eine hohe Apertur erfordern, ist dies Verfahren nicht zulässig; bei leicht zu lösenden giebt dagegen trockene Einbettung vortreffliche Bilder. Die sich bei letzterer bemerkbar machenden Unterschiede röhren davon her, dass an das Deckgläschen angeschmolzene Kieselchalen einen anderen Strahlengang bewirken, als diejenigen, welche von einer auch noch so dünnen Luftschicht überdeckt sind.

Wenn trocken eingelegte Diatomeen durch Ankleben oder Festschmelzen in unmittelbarster Berührung mit dem Deckglase stehen, so wirkt nach DIPPEL¹ ein Immersionssystem in diesem Falle so, als ob seine num. Apertur $= \frac{a+1}{2}$, d. h. der Hälften seiner um die Einheit vermehrten, wirklichen num. Apertur gleich wäre. Demnach kommt bei einer Oel-Immersion mit 1,40 Apertur eine solche von $\frac{1,40+1}{2} = 1,20$ zur Wirksamkeit. Diese mit dem früher Gesagten scheinbar in Widerspruch stehende Thatsache findet ihre Erklärung

¹⁾ DIPPEL, L., *Grundzüge der allgemeinen Mikroskopie* S. 160.

durch die Brechung des Lichtstrahls, welche innerhalb der am Deckglase festhaftenden Diatomee eintritt.

Aus dem soeben Besprochenen erklären sich die verschiedenen Resultate, welche verschiedene Beobachter mit Immersionssystemen an den schwierigen, trocken eingelegten Probeobjekten, wie *Frustulia saxonica*, *Surirella gemma* und deren sogenannten guten und schlechten, d. h. an das Deckglas angeschmolzenen und vom Glase durch eine dünne Luftsicht getrennten Exemplaren erlangten.

Der Histologe und Bakteriologebettet seine Objekte zumeist in Glycerin oder Kanadabalsam ein. Um die zum Erkennen der feinsten Einzelheiten nothwendigen Gegensätze herbeizuführen, bringt er Färbungen in Anwendung, wofern die Objekte nicht von Natur hinreichend kräftig gefärbt sind. Man darf aber niemals vergessen, dass jede künstliche Färbung ein Nothbehelf ist, und dass man die Objekte zum Vergleich auch im ungefärbten Zustande untersuchen soll. Hier erweist sich die Photographie als werthvolle Helferin; denn während die Netzhaut eine hervorragende Empfindlichkeit für Unterschiede in der Färbung besitzt, beruht die Stärke der Bromsilberplatte in dem Wahrnehmen geringfügigster Helligkeitsunterschiede. Der Mikrophotograph macht die Erfahrung, dass die Aufnahme ungefärbter Präparate weniger Schwierigkeiten bereitet, als diejenige gefärbter: Man erhält bei ersterer gesetzmässigreiche Bilder, wo das Auge bei der Okularbeobachtung nur schwache Unterschiede wahrnimmt, und ist bei letzterer trotz der leuchtenden Farben des Objektes über die Flauheit der Negative erstaunt.

In richtiger Erkenntnis dieser Thatsachen war Koch schon vor langen Jahren mit bestem Erfolge bemüht, nicht nur die gefärbten Mumien der Bakterien, sondern auch die auf ihren Nährböden lebenden Organismen zu photographiren. In früheren Abschnitten wurde erörtert, wie man hierbei zu verfahren hat, wenn es wegen der Flüssigkeiten nicht angeht, die Präparate in senkrechte Lage zu bringen. Ein kleiner Kunstgriff erleichtert das Arbeiten erheblich: Man vermischte eine Spur der bakterienhaltigen Flüssigkeit mit einem Tropfen erwärmer Nährgelatine; die erstarrende Gelatine fängt die Mikroorganismen und verhindert nicht nur ihre Eigenbewegung und die sehr störende Molekularbewegung, sondern auch die nach den Gesetzen der Schwere einsetzende Lageveränderung des Tropfens, ohne hierbei die Form der aufzunehmenden Lebewesen im Mindesten zu ändern.

Für die Aufnahme ist es nicht gleichgültig, mit welcher Farbe die Objekte gefärbt sind. Schwarzfärbung bleibt für die Mikrophotographie das Günstigste. Aber nicht alle Objekte thun uns den Gefallen, sich schwarz färben zu lassen. Während z. B. fast alle Bakterien rothe

und blaue Anilinfarbstoffe verhältnismässig leicht annehmen, ist Schwarzfärbung mit grossen Umständlichkeiten verknüpft und gelingt in manchen Fällen überhaupt nicht. Ein Gleiches gilt von der Braunfärbung, die für die lichtempfindliche Platte, die Erythrosinplatte nicht ausgenommen, dieselbe Wirkung hat wie Schwarz. Bei allen übrigen Färbungen spielt die Empfindlichkeit der verwendeten Platte für bestimmte Farben eine Hauptrolle. Blau und violett gefärbte Präparate liefern mit gewöhnlicher Bromsilberplatte wenig befriedigende Resultate, während ein Gleiches bei Gelbfärbung für die Erythrosinplatte gilt.

Es gibt ein einfaches Mittel, jegliche Art der Färbung für die Netzhaut sowohl wie für die lichtempfindliche Platte in Schwarz umzuwandeln: Man beleuchtet mit einem Licht, welches durch die Farbe der Präparate verschluckt wird. Ist beispielsweise das Objekt gelb oder braun gefärbt und wird mit blauen Strahlen beleuchtet, so erscheint dasselbe auf der Visirscheibe schwarz auf blauem Grunde.

Nach dem Vorgange von KOCH verfährt man, um systematisch zu Werke zu gehen, folgendermassen: Man prüft die zur Färbung verwendeten Lösungen im Spektroskop und ermittelt diejenigen Lichtarten, welche geeignet sind, das Spektrum der Farblösungen auszulöschen. Hierbei ergiebt es sich, dass das Spektrum von Bismarckbraun — ein heller Streifen zwischen den Linien *D* und *E* — ausgelöscht wird, wenn man eine mit Kupferoxydammoniak gefüllte Kuvette in den Gang der Strahlen einschaltet; denn letztere Lösung lässt in hinreichender Konzentration angewendet nur Strahlen hindurchtreten, deren Spektrum ausserhalb des Zwischenraumes zwischen den Linien *D* und *E* liegt.

Bei dem Fuchsinspektrum überrascht, dass die dem Auge roth erscheinende Fuchsinslösung eine so reichliche Menge blauer und violetter Strahlen hindurchtreten lässt. Dadurch wird erklärlich, weshalb mit Fuchsins gefärbte Präparate bei Verwendung der gewöhnlichen Trockenplatten ohne Lichtfilter nicht die klaren Negative ergeben, welche man bei der Unempfindlichkeit dieser Platten gegen Roth erwarten müsste: Die den rothen beigemischten blauen und violetten Strahlen verändern die Silberschicht auch an den Stellen, welche blank bleiben sollten.

Eine vortreffliche Studie über Färbungen der Präparate mit Methylviolett (6 *B*), Karbolfuchsins und Methylenblau, und über die Farbfilter, welche, um Schwarz zu erzeugen, zu jenen Färbungen am besten passen, veröffentlichte TAVEL¹⁾: Bei Präparaten, die mit Methylviolett gefärbt sind, hat man das ZETTNOW'sche Filter (s. S. 70) zu verwenden. Bei

¹⁾ Internationale medicinisch-photographische Monatsschrift Bd. I, 1894, S. 195.

Färbungen mit Karbolfuchsins ist dem ZETTNOW'schen Filter noch eine Küvette hinzuzufügen, welche bei 7 mm dicker Schicht in 40 ccm Wasser 3 Tropfen LOEFFLER'scher Methylenblaulösung enthält. Bei Färbungen mit Methylenblau verwendet man ausser dem ZETTNOW'schen Filter noch eine Küvette, welche bei 7 mm dicker Schicht in 40 ccm Wasser 4 Tropfen ZIEHL'scher Karbolfuchsinslösung enthält. Dass man bei Färbungen mit Methylenblau und Karbolfuchsins mit dem ZETTNOW'schen Filter allein nicht auskommt, hat seinen Grund darin, dass genannte beide Farblösungen grüne Strahlen hindurchlassen, welche nur durch Hinzufügen der soeben beschriebenen Küvetten zu be seitigen sind.

Je weniger kräftig die Färbung der Objekte ist, um so gesättigtere Lösungen hat man für die Absorptionsküvetten zu verwenden, will man schwarze Zeichnung auf hellem Grunde erhalten.

Nach obigen Methoden lassen sich roth, blau und violett gefärbte Präparate mit derselben Leichtigkeit photographiren, wie braun gefärbte. Ebenso werden neben einander verschiedene Farben, wie Roth und Blau, im Bilde gleichwerthig wiedergegeben. Dies bedeutet einen ungeheueren Fortschritt, wenn man bedenkt, dass die Mikrophotographen früher der Meinung waren, man könne nur von braun gefärbten Objekten gute Photogramme herstellen.

Beim Arbeiten mit Sonnenlicht oder irgend einer anderen, an blauen und violetten Strahlen reichen Lichtquelle sind die Farben der Präparate auf jeden Fall auszulöschen. Photographirt man dagegen mit Erythrosinplatte und dem an gelben Strahlen reichen Petroleumlichte, so hinterlassen rothe, blaue und violette Färbungen auf der Platte kaum irgendwelchen Eindruck; man kann daher, wofern nicht starke Fokusdifferenz der Objektive dies ausschliesst, die Absorptionsküvetten ohne Schaden fortlassen.

Anderen gekünstelten, und in ihren Erfolgen wohl mehr als zweifel haften Methoden (z. B. derjenigen, welche RHEINBERG¹ vorschlägt), um im Präparate die Gegensätze zwischen Objekt und Hintergrund zu steigern, können wir für die Mikrophotographie irgendwelche Berech tigung nicht zugestehen. Bei gefärbten Präparaten wird man mit den im Vorhergehenden geschilderten Verfahren unter allen Umständen auskommen, und bei ungefärbten Objekten sind, weil die Platte gegen den Unterschied von hell und dunkel sehr empfindlich ist, die Schwierig keiten, gegensatzreiche Bilder zu erlangen, weit geringfügiger, als bei gefärbten.

¹⁾ Journal of the Royal Microscopical Society 1896 S. 374.

Nicht Jedermann's Sache ist es, Präparate, die er photographiren will, selbst herzustellen. Es giebt nun sowohl im Inlande wie im Auslande eine nicht unbeträchtliche Anzahl von Handlungen, welche den Vertrieb mikroskopischer Präparate als mehr oder minder ausschliessliches Geschäft betreiben. Bei dem Ankauf von Präparaten sei man auf seiner Hut und nehme nicht das erste beste Objekt, welches der Händler anbietet; denn meist findet man in den Handlungen neben Vortrefflichem auch recht mangelhafte Ware. Für mikrophotographische Aufnahmen eignet sich aber nur das Vorzüglichste. Von deutschen Firmen leisten hervorragend Gutes: MÖLLER in Wedel (Holstein) und KLÖNNE & MÜLLER in Berlin (Luisenstrasse 49); erstere besonders in Diatomeen-Präparaten, letztere in histologischen und bakteriologischen Objekten. Die von den Händlern in ihren Katalogen angebotenen Diatomeen-Typenplatten, welche die verschiedenen Arten in Reihen angeordnet tragen¹⁾, haben für den Mikrophotographen nur dann Werth, wenn es sich darum handelt, eben diese Reihen zu veranschaulichen. Kommt es dagegen auf eine bestimmte Diatomeenart, die man darstellen will, an, so sind Einzelpräparate vorzuziehen. Man wird selbst in nicht sehr vollkommenen Präparaten die eine oder andere Schale herausfinden, welche sich weit besser löst, als die übrigen. Zu bedenken ist auch, dass die verschiedenen Schalen für beste Lösung ganz verschiedene Medien beanspruchen. Bei den Reihen-Präparaten sind alle Schalen in demselben Medium eingebettet (in einer Mischung von Monobromnaphtalin mit Kanadabalsam). Es wäre aber Thorheit, eine Amphipleura pellucida gut lösen zu wollen, die in einem solchen Medium liegt.

2. Die Bedeutung der Mikrophotographie

Nachdem sich die erste Freude darüber, dass es möglich ist, mit Hilfe des Lichtes das Bild eines mikroskopischen Objektes herzustellen, gelegt hatte, betrachtete man, durch die vielen Misserfolge stutzig gemacht, den mikroskopischen Apparat mit misstrauischen Augen und hielt die Mikrophotographie für eine bedeutungslose Spielerei. Ver einzelte hervorragende Leistungen vermochten den Glauben nicht zu erschüttern, dass die Sache praktischen Werth nicht besitze. Zudem

¹⁾ MÖLLER empfiehlt Typenplatten mit 1600 verschiedenen Diatomeen (Preis eines Präparates 1600 Mark).

beschränkten sich die guten Aufnahmen fast ausschliesslich auf das Gebiet der Diatomeen; der Histologe, welcher wohl wünschte, seine Präparate photographirt zu sehen, blieb unbefriedigt. Die Mikrophotographie krankte ferner an der umständlichen und schwierigen Behandlung der lichtempfindlichen Platte: Der Gelehrte verstand nicht, mit dem Jodkolloidum, den Silberbädern und Hervorrufern umzugehen; der hiermit genau vertraute Fachphotograph verstand nichts von Präparaten und Behandlung des Mikroskops. Hierzu kam die Mangelhaftigkeit der Objektive, insbesondere ihre Fokusdifferenz und die wegen der unempfindlichen, nassen Platte bedingte Nothwendigkeit, sehr kräftiges Licht, wenn möglich direktes Sonnenlicht, anzuwenden. Waren durch ungewöhnliches Geschick und staunenswerthe Ausdauer alle diese Hindernisse überwunden, so blieb der Lohn verhältnismässig dürfzig, denn kein Lichtdruckverfahren ermöglichte, die gewonnenen Resultate weiteren Kreisen zugänglich zu machen, und die Herstellung der Silberkopien erforderte viel Zeit und Geld. Das Ende vom Liede blieb der ‚Holzschnitt nach einer Photographie‘. Nicht mit Unrecht frug man sich: Wozu die viele Mühe, wenn das Bild schliesslich doch der Auffassung des Zeichners überlassen bleibt?

Die Veröffentlichungen von ROBERT KOCH (1877 und 1881) liessen die Bedeutung der Mikrophotographie mit einem Schlage in ganz anderem Lichte erscheinen. KOCH bewies an einer grossen Reihe vor trefflich gelungener Mikrophotogramme, dass der geschickteste Zeichner die Objekte nicht schärfer und naturwahrer zur Darstellung bringen kann, als die lichtempfindliche Platte. Er photographirte die zartesten Gebilde, welche die Natur schuf, die dem Auge selbst im besten Mikroskop schwer erkennbaren Geisselfäden der Bacillen, und zeigte, dass allein durch das Photogramm gewisse Streitfragen zu entscheiden sind. In Bezug auf letzten Punkt zog er ein lehrreiches Beispiel an: LEWIS¹ hatte behauptet, dass die Rekurrens-Spirillen, welche in Indien den Rückfallstyphus erzeugen, sich unterscheiden von den europäischen Spirillen; erstere seien wesentlich breiter als letztere. Zum Beweise seiner Behauptung fertigte er Aufnahmen der indischen Spirillen. KOCH verglich diese Aufnahmen mit den seinigen, welche er nach europäischen Präparaten hergestellt hatte, und sah sofort, dass die angebliche grössere Dicke der indischen Exemplare lediglich Kunstprodukt ist, hervorgerufen durch Beleuchtung mit zu schmalem Lichtkegel. Die hierbei auftretenden Interferenzsäume, welche LEWIS mitgemessen hatte, verbreitern

¹⁾ LEWIS, The microscope organism found in the blood of man and animals. Kalkutta 1879.

den Leib der Spirille nicht unerheblich. Hiermit war diese Streitfrage aus der Welt geschafft.

Drei Umstände erleichterten es KOCH, die Mikrophotographie auf eine hohe Stufe der Bedeutung zu erheben: Die Verbesserung des mikrophotographischen Apparates durch FRITSCH, die photographischen, von Fokusdifferenz freien Objektive von SEIBERT und KRAFFT und die Vervollkommenung des Lichtdruckverfahrens, welche die Herstellung brauchbarer, die Einzelheiten des Negativs richtig wiedergebender Drucke gestattete.

Durch Einführung der hochempfindlichen Bromsilber-Trockenplatten gewann die Mikrophotographie wesentlich an Bedeutung. Das Photographiren war nunmehr kein Privilegium der Fachphotographen und einiger besonders begabter Laien. Jeder konnte ohne genauere Vorkenntnisse eine Platte belichten und entwickeln. So blieb es nicht aus, dass sich zahlreiche Gelehrte und Ungelehrte des Gegenstandes bemächtigten, um auf diesem wenig betretenen Gebiete Lorbeeren einzuhissem. Der Erfolg war denn auch ein grossartiger für den — Kameratischler; ungezählte „neue“ Apparate schossen wie Pilze aus der Erde, aber die sehnlichst erwarteten Photogramme blieben aus. Man schrieb Bücher, erhob die Bedeutung der Mikrophotographie bis in den Himmel. Wer aber unbefangen die beigegebenen Probeaufnahmen durchmusterte, musste glauben, dass die Sache völlig bedeutungslos sei. Man wende nicht ein: erst durch die allerneuesten Verbesserungen der Objektive und durch Einführung guter Lichtfilter und der Erythrosinplatte seien tadellose Resultate möglich geworden. Was sich mit den alten, unvollkommenen Hilfsmitteln leisten lässt, bewies KOCH zur Genüge. Die Schuld lag einzig an den Menschen und nicht an den Hilfsmitteln.

Betrachten wir nunmehr, worin die Bedeutung der Mikrophotographie besteht.

Zeichnen ist nicht Jedermann's Sache; die tüchtigsten Forscher haben in diesem Punkte häufig das grösste Ungeschick. Ausserdem erfordert die sorgfältige Ausführung der Zeichnung mehr Zeit, als den meisten Mikroskopikern zur Verfügung steht. Die Zeichnung von Anderen fertigen zu lassen bleibt also der zumeist eingeschlagene Weg. Nun weiss Jeder, dass die Auffassung eine sehr verschiedene sein kann. Die subjektive Auffassung des Zeichners ist ein Punkt, mit dem man unter allen Umständen zu rechnen hat. Hier liegt der Kern der Sache: Das Photogramm giebt den Gegenstand objektiv wieder. Wie sieht es aber bei näherer Betrachtung mit der vielgerühmten Objektivität aus? Vor allen Dingen bildet die lichtempfindliche Platte

Alles, was nicht zum Objekte gehört, mit erschreckender Objektivität ab, so die Verunreinigungen des Präparates und die Diffraktionssäume. Dazu kommen noch Reflexe, auf der Platte abgelagerte Staubtheilchen, Plattenfehler, konzentrisch angeordnete kleine Kreise, welche den NEWTON'schen Farbenringen ähneln, und Gott weiss welche Zuthaten, die jede in ihrer Art der Naturwahrheit des Bildes empfindlich Abbruch thun.

Abgesehen von diesen Dingen zeichnet sich das Bild durch das Licht keineswegs so naturwahr, wie die meisten glauben. Bei zu langen oder zu kurzen Expositionen gehen Einzelheiten verloren, vielleicht diejenigen, auf welche es hauptsächlich ankommt. Auch die Art der Entwicklung vermag gewaltige Abweichungen herbeizuführen. Wir greifen noch einmal auf das bereits angeführte Beispiel der Tunnelmembran im CORTI'schen Organ zurück: Der Mikrophotograph beweist durch eine Aufnahme, dass die Membran vorhanden, ja dass im Querschnitt nicht eine einzige Faser, sondern mehrere Fasern sichtbar werden. Er beweist durch eine andere Aufnahme nach demselben Gesichtsfelde desselben Präparates, dass die Membran nicht vorhanden ist; er hat sie absichtlich oder unabsichtlich im dicken Silberniederschlage verschwinden lassen.

Entsprechendes bewerkstelligt man bei Bakterienaufnahmen. Es ist leicht, vorhandene Geisselfäden zur Darstellung oder nicht zur Darstellung zu bringen. Da nämlich diese feinsten Gebilde den Farbstoff weniger kräftig aufnehmen, als die Körper der Bakterien, so vermögen sie auch nur einen schwächeren Eindruck auf der Platte zu hinterlassen, als letztere. Dieser Eindruck kann durch Ueberbelichtung oder Entwicklung völlig verwischt werden.

Auch lässt sich die Breite sehr feiner Striche im Negativ beliebig abändern, so dass in dieser Beziehung das Photogramm nicht als untrügliches Beweismittel gelten darf. Bei Unterexpositionen erscheinen die im Negativ hellen Linien breiter als bei richtiger oder zu langer Belichtung.

Grosse Unterschiede sind ferner beim Kopiren herbeizuführen. Dasselbe Negativ giebt verschiedene Abdrücke, je nachdem man hart oder weich kopirende Papiere verwendet; dasselbe Chlorsilbergelatinepapier liefert verschiedene Resultate, wenn man mit alten oder frisch angesetzten Tonfixirbädern tont. Diese Dinge beweisen zur Genüge, dass der Mikrophotograph Mittel an der Hand hat, gewisse Einzelheiten im Bilde mehr oder minder deutlich hervortreten oder auch ganz verschwinden zu lassen. Das ist die Objektivität des Mikrophotogramms! Wir können behaupten, dass ein Lichtbild nur dann Anspruch auf

Objektivität erheben darf, wenn dasselbe hergestellt ist, von einem ehrlichen, nach allen Regeln der Kunst arbeitenden und reichlich mit Geduld und Geschick begabten Mikrophotographen.

Wie steht es nun mit der Leistungsfähigkeit der Mikrophotographie? Sieht die lichtempfindliche Platte weniger als die Netzhaut des Auges, sieht sie mehr als letztere oder bestehen keine nennenswerthen Unterschiede? Diese Fragen lassen sich ohne Weiteres weder bejahend noch verneinend beantworten. Eins steht fest: Die Platte bleibt hinter dem Vermögen des Auges weit zurück, wenn ein Ungeschickter sie behandelt. Wir wollen also bei den folgenden Erwägungen voraussetzen, dass der Mikrophotograph sein Fach vollständig beherrscht.

Im dritten Abschnitt wurde erörtert, dass die Länge der Lichtwelle einen hervorragenden Einfluss auf die Beschaffenheit des Bildes ausübt. Je kürzer die Welle, um so feinere Einzelheiten werden noch objektähnlich abgebildet. Das Auge vermag aber Lichtwellen, deren Länge unter einen bestimmten Werth sinkt, nicht mehr wahrzunehmen. Für die lichtempfindliche Platte ist diese Grenze weiter hinausgerückt; sie empfindet ultraviolette, dem Auge nicht wahrnehmbare Strahlen. Hierin ist die Silberschicht dem Auge überlegen; doch werden wir diese Ueberlegenheit erst dann in ihrem ganzen Umfange erkennen, wenn praktische Versuche mit ultravioletten Strahlen vorliegen.

Objektive mit 2,40 num. Apertur und ultraviolettes Licht zur Beleuchtung — da mögen noch ganz andere Dinge zum Vorschein kommen, als die Geisseln der Bakterien und die Perlen von *Amphibleura pellicula*!

Ob, wie behauptet wurde, die Platte dem Auge darin überlegen ist, dass erstere durch sehr kräftiges Licht nicht geblendet wird, lassen wir dahin gestellt sein. Der Umstand, dass die sehr kräftigen Lichtarten: Sonnenlicht, elektrisches Bogenlicht und dergl., reich an kurzweligen Strahlen sind, veranlasste die Auffassung, dass die hiermit erzielten günstigen Resultate der das Auge blendenden Kraft des Lichtes zuzuschreiben sind. Bei zahllosen Versuchen konnten wir niemals einen Unterschied feststellen zwischen den mit Sonnenlicht und schwachem Lampenlicht erhaltenen Bildern, vorausgesetzt natürlich, dass in beiden Fällen mit derselben Wellenlänge gearbeitet wurde.

Mit Recht sagt KOCH¹⁾, dass die Platte bei Wahrnehmung der feinsten Lichtunterschiede nicht ermüdet, während bei dem Auge sehr bald Ermüdung eintritt. Noch mehr als dies: Auch das nicht ermüdete Auge nimmt Helligkeitsunterschiede nur dann wahr, wenn dieselben

¹⁾ COHN, Beiträge zur Biologie der Pflanzen Bd. II S. 408. Breslau 1877.

nicht unter eine gewisse Grenze herabsinken. Für die Silberschicht besteht ebenfalls eine Grenze, aber dieselbe liegt tiefer, als diejenige für die Netzhaut. Auf der Platte addiren sich die Lichteindrücke. Ausserdem hat man es in der Hand, die im Negativ an der Grenze der Wahrnehmbarkeit stehenden Helligkeitsunterschiede durch nachfolgende Verstärkung deutlicher sichtbar zu machen. Da sich diese Verstärkung auch noch auf das positive Glasbild ausdehnen lässt, so ist man in der That im Stande, Gegensätze herbeizuführen, wo das Auge im Präparate solche nicht wahrnimmt. Verfasser hatte Gelegenheit, dies an einem lehrreichen Beispiele zu erfahren¹: Es handelte sich um den Nachweis der Geisseln an den Kommabacillen der asiatischen Cholera. Alle Färbeversuche, welche diese Gebilde sichtbar machen sollten, schlugen fehl; aus diesem Grunde wurde der ehedem von KOCH mit grossem Erfolge betretene Weg eingeschlagen: Das Photographiren der ungefärbten Bakterien. Schon war eine stattliche Reihe von Platten² erfolglos geopfert, als auf einem Negativ an einem kurzen, stark gekrümmten Bacillus eine feine, korkzieherartig gewundene Geissel erschien. Bei wiederholter Aufnahme desselben Gesichtsfeldes in etwas anderer Ebene zeigte es sich, dass auch noch ein anderer Bacillus mit einer Geissel versehen war. Obgleich nunmehr durch das Photogramm die geisseltragenden Bacillen sich ermitteln liessen, so war es doch dem Auge nicht möglich, die Geisseln im Präparate wahrzunehmen; sie lagen für die Netzhaut jenseits der Grenze des Erkennungsvermögens. Einige Monate später gelang es LOEFFLER, die Cholerageisseln durch geeignete Färbungsmethoden sichtbar zu machen.

Man hüte sich wohl, den soeben besprochenen Fall, in dem mehrere besonders günstige Umstände zusammentrafen, zu verallgemeinern. Ganz irrig wäre die Auffassung, dass man bei geisseltragenden Bakterien, deren Geisseln bei der Okularbeobachtung nicht wahrgenommen werden,

¹⁾ NEUHAUSS, R., Ueber die Geisseln an den Bacillen der asiatischen Cholera: Centralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde Bd. V, 1889, S. 81.

²⁾ LOEFFLER, Centralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde Bd. VI, 1889, S. 218, irrt, wenn er annimmt, Verfasser hätte in einem nur wenige bewegliche Bacillen enthaltenden Präparate „in dem ersten besten, bei der starken Vergrösserung jedenfalls nur ein winziges Theilchen des Präparates darstellenden Gesichtsfelde gleich zwei Bacillen mit Geisseln durch die Photographie entdeckt“. Es waren bereits zahlreiche Gesichtsfelder auf photographischem Wege durchgemustert, als die geisseltragenden Bacillen im Photogramm erschienen. Da es sich um eine mehrere Wochen alte Cholera-Kultur handelte, so hatte die Mehrzahl der Bacillen ihre Beweglichkeit eingebüßt, also auch wohl ihre Geisseln abgestossen.

nur zum mikrophotographischen Apparate zu greifen braucht, um diese feinsten Gebilde zur Darstellung zu bringen. Wenn KOCH sagt (COHN S. 408), er habe mitunter auf dem Negativ, wofern das Bild nur scharf eingestellt gewesen war, feine Objekte, z. B. feinste Geisselfäden, gefunden, welche er nachträglich nur mit äusserster Mühe und unter den günstigsten Beobachtungsverhältnissen im Mikroskop erblickte, so machten grossprecherische Nichtswisser daraus, man könne die Geisselfäden der Bakterien überhaupt nur durch die Photographie nachweisen. Die von KOCH und Anderen photographirten, gefärbten und ungefärbten Geisselfäden lassen sich der Regel nach auch recht gut bei der Okularbeobachtung wahrnehmen. Freilich hat man es in der Gewalt, sie im negativen und positiven Bilde durch nachfolgende Verstärkung weit deutlicher sichtbar zu machen, als sie in Wirklichkeit sind (s. Tafel II, No. II).

Noch ein Beispiel für die Ueberlegenheit der Trockenplatte über das Auge sei angeführt: Bei den nach LIPPmann's Verfahren hergestellten farbigen Bildern (s. S. 224) beruht nach der ZENKER'schen Theorie das Auftreten der Farben auf dem Vorhandensein sehr feiner Silberlamellen in der Bildschicht. Diese Lamellen haben einen gegenseitigen Abstand, welcher den halben Wellenlängen des Lichtes entspricht, also ungefähr dem Abstande der Querstreifen bei *Amphipleura pellucida* gleichkommt. Noch Niemand sah bisher diese feinen Lamellen; gewichtige Gründe sprachen sogar gegen ihr Vorhandensein. Verfasser untersuchte nun Querschnitte LIPPmann'scher Bildschichten; aber die Lamellen waren mit Sicherheit nicht nachzuweisen. Wegen des dunkelbraunen Silberniederschlages und der naturgemäss ziemlich dicken Präparate sind die Verhältnisse wesentlich ungünstiger, als bei der überaus zarten *Amphipleura pellucida*. Freilich machte es an einzelnen, besonders günstigen Stellen den Eindruck, als ob doch Lamellen vorhanden waren. Verfasser griff zum mikrophotographischen Apparate. Nach ungewöhnlich langer Belichtung mit kräftigstem Kalklichte unter Benutzung kurzwelliger blauer Strahlen erschien im Negativ bei viertausendfacher Linearvergrösserung die prächtigste Streifung. Das Vorhandensein der Lamellen war erwiesen¹⁾.

Mit Hilfe der Mikrophotographie ist man im Stande, verschiedene Objekte unmittelbar in Bezug auf Grösse, Form u. s. w. unter einander

¹⁾ Dr. R. NEUHAUSS, Die Farbenphotographie nach LIPPmann's Verfahren. Halle 1898, Knapp. (Eine beigefügte Lichtdrucktafel veranschaulicht die durch stehende Lichtwellen erzeugten dünnen ZENKER'schen Blättchen.)

zu vergleichen. Von besonderer Wichtigkeit wird dies, wo es sich um Vergleichung der Grössenverhältnisse verschiedener Vegetationsformen desselben Mikroorganismus handelt. Cholera, Typhus, Milzbrand und viele andere Bacillen zeigen in ihrer Grösse die gewaltigsten Unterschiede. Um hiervon eine richtige Vorstellung zu gewinnen, müsste man so viele Mikroskope nebeneinander aufstellen, als verschiedene Präparate zu vergleichen sind; denn in der bei dem Auswechseln der Präparate und dem Aufsuchen des besten Gesichtsfeldes verstreichen den Zeit blässt der Eindruck, welchen das vorher beobachtete Präparat bei dem Beschauer zurückliess, nicht unwesentlich ab. Sind Mikrophotogramme zur Stelle, so kann auch der mit dem Gebrauch des Mikroskops nicht Vertraute die Vergleichung vornehmen. Kommt es auf genaueste Messungen an, so sind dieselben am Negativ oder Diapositiv auszuführen, da das Papierbild sich in den Bädern stark verzieht.

In Bezug auf den Werth der Mikrophotographie für gerichtliche Fälle führt JESERICH ein Beispiel an: In der Hand eines Ermordeten fanden sich einige Haare, die dem Mörder im Kampfe ausgerissen waren. Bei zwei der That Verdächtigen untersuchte man deshalb die Haare. Diejenigen des einen Verhafteten stimmten genau mit den bei der Leiche gefundenen Proben überein, was sich aus drei nach den Präparaten gefertigten Mikrophotogrammen auf's Deutlichste ergab. Wenn nun auch die Aussage des Sachverständigen genügt, um den Thatbestand festzustellen, so macht es auf Richter und Geschworene doch einen anderen Eindruck, wenn sie sich durch eigene Anschauung ein Urtheil bilden können. Mitunter mag es auch in der Gerichtspraxis von Wichtigkeit sein, nach leicht vergänglichen Präparaten Mikrophotogramme herzustellen, um besonders bei Meinungsverschiedenheiten verschiedener Sachverständiger das Beweismaterial jederzeit einer erneuten Prüfung unterziehen zu können. Allzu grossen Hoffnungen darf man sich allerdings in diesem Punkte nicht hingeben; denn wenn die Dinge so verwickelt liegen, dass sich die Sachverständigen nicht einigen, so wird das Mikrophotogramm in den seltensten Fällen Aufklärung schaffen.

Die Bedeutung der Mikrophotographie wird ausser durch die bereits erwähnten Veröffentlichungen von KOCH in das hellste Licht gesetzt durch den unter R. KOCH's Aufsicht von FRAENKEL und PFEIFFER herausgegebenen „Atlas der Bakterienkunde“ (Berlin 1889/90, Hirschwald). Nicht, als ob in demselben neue Wahrheiten über den Bau der Mikroorganismen verkündet würden; der Werth des „Atlas“ beruht vielmehr auf der übersichtlichen Darstellung der verschiedenen Formen der Bakterien. Dem Bakterienforscher, welcher abgelegen wohnt von den grossen Mittelpunkten des Verkehrs und der Wissenschaft, wird durch

die nach musterhaften Präparaten hergestellten Aufnahmen ein Mittel in die Hand gegeben, seine eigenen Präparate auf ihren Werth oder Unwerth hin zu prüfen. Die Zahl der Beispiele dieser Art liesse sich an der Hand der neueren Erscheinungen auf dem Gebiete der Mikrophotographie wesentlich vermehren.

Auch nach einer anderen Richtung hin kann die Mikrophotographie für den Forscher von Bedeutung sein: Die wenigsten Mikroskopiker besitzen hinreichende Fertigkeit im Zeichnen. Soll nun für Veröffentlichungen eine Zeichnung hergestellt werden, so kann die Kopie einer mikrophotographischen Aufnahme in bester Weise hierfür als Unterlage dienen. Nachdem man, was auch für den Ungeübten leicht ist, den Abzug mit Bleistift oder unverwaschbarer Tusche übermalt hat, wird das photographische Bild auf chemischem Wege entfernt und nur die Zeichnung bleibt übrig. MAALÖE¹ schlägt vor, die photographische Kopie auf Eisenblaupapier oder (falls nöthig, in Vergrösserung) auf Bromsilberpapier herzustellen. Das Eisenblaubild lässt sich dadurch entfernen, dass man den Abzug in einprozentiger Natronlauge, und dann in einprozentiger Salzsäure badet, worauf gut auszuwaschen ist. Die Bromsilberbilder sind dagegen in zweiprozentiger Lösung von Eisenchlorid gut auszuwaschen und dann in Fixirnatron (2 %) zu legen, worauf wieder auszuwaschen ist.

Das Ueberzeichnen kann auch auf den gebräuchlichen Chlorsilberpapieren (Aristo- oder Celloïdinpapier) geschehen. Hier lässt sich das Silberbild durch Baden in Quecksilbersublimatlösung (2 : 100) ausbleichen.

3. Mikrophotogramme

Im Folgenden wollen wir versuchen, einen Ueberblick über die in den letzten Jahrzehnten hergestellten und weiteren Kreisen zugänglich gemachten Mikrophotogramme zu geben. Es handelt sich hierbei nicht darum, mangelhafte Leistungen der verdienten Vergessenheit zu entreissen, oder Vortreffliches in das rechte Licht zu setzen. Auch erhebt die Aufzählung nicht den mindesten Anspruch auf Vollständigkeit; dieselbe soll nur zeigen, „dass überall die Menschen sich gequält, dass hie und da ein Glücklicher gewesen“. Der Lernende soll durch

¹) Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie Bd. XII, 1896, S. 449.

die Besprechung der Bilder aufmerksam gemacht werden auf die seinen eigenen Erzeugnissen anhaftenden Mängel und ein Urtheil gewinnen über dasjenige, was bereits geleistet wurde und was noch zu leisten ist.

Die ersten brauchbaren Mikrophotogramme lieferte DONNÉ in Paris, der schon im Jahre 1840 der Akademie Aufnahmen mehrerer naturgeschichtlicher Objekte und einiger histologischer Präparate vorlegte, welche er mit dem Mikroskop auf Daguerreotyp-Platten gefertigt hatte. In Deutschland befasste sich der Wiener Anatom BERRES zuerst mit der Sache und bediente sich für seine Daguerreotypien des Sonnenmikroskopes. Im Jahre 1845 veröffentlichte DONNÉ in Verbindung mit LÉON FOUCault einen Atlas, der sich auf das Studium der Flüssigkeiten des Organismus bezog und dessen zahlreiche Abbildungen nach den mit Hilfe des Sonnenmikroskopes gefertigten Daguerreotypien gestochen waren¹⁾. Nach dem Urtheile der Zeitgenossen war die Feinheit der Originalaufnahmen unübertrefflich. Da es kein Mittel gab, die Daguerreotypie direkt auf mechanischem Wege zu vervielfältigen, so sah man sich gezwungen, die Bilder durch den Stecher auf die Kupferplatte übertragen zu lassen.

Als das durch FOX TALBOT eingeführte Verfahren die Möglichkeit bot, mit Negativpapier gefertigte Originalaufnahmen auf photographischem Wege zu vervielfältigen, benutzte man dies unverzüglich für die Mikrophotographie. Im Jahre 1847 legte CARPENTER der Versammlung der British Association nach TALBOT's Angaben hergestellte Kopien mikroskopischer Objekte vor. Da jedoch das grobe Korn des Papiers ein unübersteigliches Hindernis der getreuen Wiedergabe feinster Einzelheiten bildete, so fand CARPENTER wenig Nachahmer. Nach Erfindung der Glasnegative mehrte sich die Zahl der brauchbaren Mikrophotogramme. Schon 1853, also zwei Jahre nach Einführung der Kollodiumplatten, sah GERLACH beim Apotheker MAYER in Frankfurt a. M. wohlgelungene Aufnahmen von mikroskopischen Versteinerungen aus dem Guano, und 1854 bei dem Optiker NACHET in Paris ausgezeichnete schöne, bei 300facher Vergrösserung gefertigte Bilder des Blutes verschiedener Thiere. Von nun an wurde die Mikrophotographie besonders auch in England und Amerika mit grossem Eifer betrieben, und es zeichneten sich auf diesem Gebiete aus: HODGSON (1853), SHADBOLT (1853), KINGSLEY (1853), HUXLEY und WENHAM (1855). Im Jahre 1857 legten POHL und WESELSKY der Wiener Akademie Mikrophotogramme vor,

¹⁾ DONNÉ, A., et L. FOUCault, *Atlas du cours de microscope exécuté d'après nature au microscope daguerréotype*. Paris 1845.

welche mit polarisirtem Licht aufgenommen waren. Um dieselbe Zeit unterbreitete BERTSCH den Pariser Akademikern seine Mikrophotogramme, welche er bald darauf in dem gross angelegten Werke: „*Études d'histoire naturelle au microscope*“ veröffentlichte. Ein ganz ähnliches Werk, der „Atlas der allgemeinen, thierischen Gewebelehre“ wurde 1861 herausgegeben von Dr. v. HESSLING und JUL. KOLLMANN (Leipzig, Engelmann). Die Mikrophotogramme röhren von Jos. ALBERT in München her. Die Leistungen der photographischen Technik sind in dem französischen Werke bedeutender; dagegen wurden die Präparate in dem deutschen Werke sorgfältiger ausgewählt.

1861 erschien ferner das Album mikroskopisch-photographischer Darstellungen aus dem Gebiete der Zoologie von E. HEEGER, worin Abbildungen von Insekten und Insektentheilen in geringerer Vergrösserung gegeben werden; in demselben Jahre: „*The wonders of the microscope, photographically revealed, OLLEY's patent micro-photographic reflecting process*“ (London, W. Kent & Co. Paternoster row), ein stattlicher Band zum Theil recht wohl gelungener Aufnahmen von Diatomeen und histologischen Präparaten.

Auf den Tafeln im Lehrbuche der Mikrophotographie von GERLACH (1863) verdient die Auflösung der Flügelschuppe von Hipparchia Janira (Figur 2 auf Tafel I) Anerkennung, wenn man berücksichtigt, mit wie mangelhaften Hilfsmitteln dieselben hergestellt wurden. Die in 265-facher Vergrösserung gefertigte Originalaufnahme zeigt die Querstreifung zwischen den Längsrippen in ausreichender Deutlichkeit. Noch besser treten die kleinen Streifchen hervor auf dem folgenden, nach einem vergrösserten Diapositiv kopirten Bilde. Hier liegt ein Fall vor, wo die nachträgliche Vergrösserung des Negativs tatsächlich Vortheil bringt, weil ein unbewaffnetes Auge die feinen Einzelheiten der Originalaufnahme nur mit Mühe erkennt und auch die Albuminkopie die zarten Striche des Negativs nicht mit hinreichender Klarheit wiedergiebt. Nun aber macht sich die Sucht, möglichst riesenhaft zu vergrössern, in nachtheiligster Weise bemerkbar: Figur 2 auf Tafel II zeigt dieselbe Flügelschuppe nach einem abermals (auf 1460) vergrösserten Negativ. Eine schlechtere Empfehlung konnte GERLACH seinem Verfahren nicht geben. Das Bild ist von unangenehmster Härte und wird überhaupt nur verständlich, wenn man die schwächeren Vergrösserungen zum Vergleich heranzieht. Nicht viel besser steht es mit dem auf Tafel III dargestellten, quergestreiften Muskel des Frosches, bei dem die Vergrösserung nachträglich auf 1000 gesteigert wurde. Die am Rande der Muskelfäden sichtbare Knotenbildung (richtiger ausgedrückt, die weissen Klexe), auf die GERLACH besonderes Gewicht legt, und die er

erst mit Hilfe der Vergrösserungsphotographie entdeckt haben will, sind Kunstprodukte. Helle und dunkle, in Wirklichkeit nicht vorhandene Streifen und Punkte erhält man häufig an den Theilen der Objekte, welche nicht genau in der Einstellebene liegen.

Auch irrt GERLACH, wenn er glaubt, durch vorliegendes Photogramm Verschiedenheiten in den molekularen Verhältnissen der Substanzen des Muskels nachweisen zu können. Die im Bilde stark ausgeprägten, bei der Okularbeobachtung weniger deutlich wahrnehmbaren Gegensätze zwischen Hell und Dunkel sind lediglich auf unzweckmässige Behandlung der Platte und nicht auf besonders bemerkenswerthe Unterschiede in der Absorption der durch das Präparat hindurchtretenden, chemisch wirksamen Strahlen zurückzuführen.

Die soeben besprochene Abbildung liefert ein lehrreiches Beispiel davon, wie vorsichtig man bei der Erklärung eines Mikrophotogramms sein muss, und wie man durch fehlerhafte Behandlung Dinge in das Bild hineinbringt, die im Präparate nicht vorhanden sind. Hier lässt uns die vielbelobte Objektivität der Photographie gründlich im Stich.

Von den übrigen im GERLACH'schen Werke veröffentlichten Probefotos (Mikrometermasstab $265/1$; Membrana choriocapillaris des menschlichen Auges $43/1$; Durchschnitt des Augapfels eines halbjährigen Kindes $2/1$) kann man nur sagen, dass mancher Mikrophotograph, der mit den heutigen vervollkommenen Hilfsmitteln arbeitet, froh wäre, wenn er diese Dinge ebenso gut zu Stande brächte.

Die 1865 erschienene, mit 16 mikrophotographischen Tafeln ausgestattete Arbeit von Dr. HELWIG: „Das Mikroskop in der Toxikologie“ ist eine schwache Leistung.

Ein glänzendes Zeugnis von dem Geschick des Verfertigers legen die Abbildungen in der Mikrophotographie von MOITESSIER (1866) ab. Figur 1 auf Tafel I zeigt im polarisierten Licht aufgenommene Stärkekörnchen der Kartoffel, bei denen in bester Weise die eigenartige Vertheilung von Hell und Dunkel zum Ausdruck kommt. Von den anderen Bildern sei hervorgehoben: Harnsäure-Krystalle ($15/1$), Blutkörperchen vom Frosch ($350/1$), Kopflaus ($120/1$), Pleurosigma angulatum ($875/1$). Im Bilde dieser Diatomee erscheint nicht die bekannte sechseckige, sondern eine schachbrettartige Felderung. Leider wurde die Kopie durch nachträgliche Vergrösserung zu hart, so dass sich nicht mit Sicherheit entscheiden lässt, wie die Verhältnisse auf dem Originalnegativ liegen. Nach SCHIFF und DIPPFL erhält man bekanntlich Schachbrett-Felderung nur bei schiefer Beleuchtung und num. Apertur bis 1,10. MOITESSIER bediente sich zu dieser Aufnahme einer Wasser-Immersion No. VII von NACHET.

Höchst bemerkenswerth ist die von MOITESSIER mit halber Blendung bei auffallendem Licht in 18facher Vergrösserung gefertigte, stereoskopische Aufnahme von *Helix costata* (Tafel III). Die kleine Schnecke macht bei Betrachtung im Stereoskop einen vortrefflich körperlichen Eindruck.

1867 fertigte BOUMANS in Mastricht, derselbe, welcher die erste brauchbare Einrichtung zur Herstellung von Momentaufnahmen angab (s. S. 150), eine grössere Anzahl vorzüglicher Aufnahmen von kleinsten Insekten, botanischen Präparaten, Trichinen u. s. w.

BENECKE's Bearbeitung des MOITESSIER'schen Werkes (1868) enthält wohlgelungene Bilder verschiedener, histologischer Präparate, z. B. Flächenansicht von der Rückseite der Iris eines weissen Kaninchens ($^{15}/_1$), Flächenschnitt der menschlichen Kopfhaut ($^{25}/_1$), Tracheenzweige der Raupe ($^{150}/_1$), quergestreiftes Muskelprimitivbündel aus dem Gastrocnemius des Frosches ($^{200}/_1$) u. s. w., ferner Photogramme von *Pleurosigma balticum* ($^{800}/_1$), *attenuatum* ($^{1000}/_1$) und *angulatum* ($^{2000}/_1$). Durch nachträgliche Vergrösserung des Originalnegativs ($^{500}/_1$) wurde *Pleurosigma angulatum* zu hart.

Das gleichfalls im Jahre 1868 erschienene Lehrbuch der mikroskopischen Photographie von REICHARDT und STÜRENBURG bringt gute Aufnahmen eines Querschnittes durch *Hippuris vulgaris* ($^{12}/_1$) und von Tracheenzweigen der Seidenraupe ($^{22}/_1$), dann aber zwei überaus mangelhafte Photogramme von *Pleurosigma angulatum*. Die Originalaufnahme dieser Diatomee hat nur 175fache Linearvergrösserung. Man steigerte dieselbe bei dem einen Bilde auf 3600, bei dem anderen sogar auf 8750. Schwer begreiflich bleibt, dass die Verfasser so verwischene Zeichnungen der Oeffentlichkeit zu übergeben wagten. Offenbar gewann die Sucht, mit möglichst hohen Zahlen zu glänzen, die Oberhand über das gesunde Urtheil.

„Die Skulptur der Diatomeen“ von Dr. G. FRITSCH und OTTO MÜLLER (Berlin 1870) enthält auf 12 Tafeln vortreffliche Abbildungen von *Arachnodiscus*, *Triceratium*, *Navicula*, *Stauroneis*, *Pleurosigma*, *Grammatophora* und *Surirella*. Besonders gelungen ist die Perlen-Auflösung von *Grammatophora marina* und *Surirella gemma*.

In den folgenden Jahren vervollständigten FRITSCH und MÜLLER die Sammlung ihrer Diatomeen-Photogramme durch Aufnahme einzelner Kieselschalen und ganzer Gesichtsfelder ($^{150}/_1$) von Diatomeen-Erden aus den verschiedensten Welttheilen.

Als Beigabe zu der Abhandlung: „Ueber das stereoskopische Sehen im Mikroskop und die Herstellung stereoskopischer Mikrotypien“ (1873) veröffentlichte G. FRITSCH verschiedene stereoskopische Mikrophoto-

gramme (Kopf einer Mücke; Querdurchschnitt des Frosch-Rückenmarks; Floh; Kieferfühler der männlichen Spinne), die er theils mit halber Blende, theils mit der stereoskopischen Wippe gefertigt hatte. Der körperliche Eindruck dieser Bilder ist beim Betrachten im Stereoskop ein überraschender, am wunderbarsten bei dem Rückenmarksquerschnitt, wo es den Anschein gewinnt, als könne man in das glasig durchsichtige Mark tief hineinblicken. Wundervoll plastisch erscheint hierbei das Netzwerk der injizirten Gefässe. Auch die von KATZ (1894) veröffentlichten stereoskopischen Vergrösserungen des Gehörorgans röhren von FRITSCH her. Eine dieser Aufnahmen kam in der „Internationalen medizinisch-photographischen Monatsschrift“ (Bd. II, 1895, Heft 10) zum Abdruck.

Gewiss lassen sich manche Streitfragen der Histologie nur durch das stereoskopische Bild entscheiden. Um so bedauerlicher ist es, dass dieser Zweig der Mikrophotographie in neuerer Zeit gänzlich vernachlässigt wurde.

Das grösste Aufsehen erregten bei ihrem Erscheinen (1877) R. KOCH's¹ Bakterienphotogramme. Während die bisher besprochenen Aufnahmen auf gesilbertem Albuminpapier kopirt waren, tritt uns hier der Lichtdruck² in seiner vollen Bedeutung vor Augen. Die Ausführung der Drucke ist mustergültig; besonders überrascht die Feinheit, mit welcher die zartesten Gebilde, vor Allem die Geisseln wiedergegeben wurden. Nicht alle neueren Lichtdrucke können sich diesen Leistungen an die Seite stellen. KOCH's Photogramme sind, was Klarheit und Schärfe anbelangt, trotz der verbesserten Hilfsmittel bis heute unübertroffen.

Einige Forscher glaubten an beweglichen Bakterien Geisselfäden wahrgenommen zu haben. Andere stellten dies in Abrede; KOCH machte dem Streit ein Ende, indem er die Geisseln photographirte. Durch Aufnahme verschiedener Spirillenarten gab er fernerhin dem Forscher ein vortreffliches Vergleichsmaterial an die Hand. Endlich photographirte er nicht nur die abgestorbenen, gefärbten Bakterien, sondern auch die ungefärbten auf ihrem natürlichen Nährboden.

Durch vorliegende Bilder wurde zuerst bewiesen, dass, entgegen der bis dahin geltigen Anschauung, gefärbte Mikroorganismen sich am besten aufnehmen lassen, wenn der einfallende Lichtkegel möglichst breit ist.

¹⁾ COHN, Beiträge zur Biologie der Pflanzen Bd. II Tafel 14-16. Breslau 1877.

²⁾ Hergestellt in der Lichtdruck-Anstalt von RÖMMLER & JONAS zu Dresden.

Vier Jahre später (1881) lieferte KOCH im ersten Bande der „Mittheilungen aus dem Reichs-Gesundheitsamt“ als hoch bedeutsamen Nachtrag zu seinen ersten Arbeiten 14 Tafeln mit 84 in jeder Beziehung mustergültigen Bakterien-Photogrammen nach Schnitten, Blutpräparaten u. s. w. Den Lichtdruck führten wiederum RÖMMLER & JONAS aus.

Das Jahr 1878 brachte A. DE BARY's mikroskopische Photogramme nach botanischen Präparaten. Ein Jahr später fanden im 62. Bande der Kaiserlich-Leopoldinisch-Karolinischen deutschen Akademie der Naturforscher (Halle 1879) gelegentlich einer Arbeit von KUPFFER und BENECKE über die Entwicklungsgeschichte der Vögel 90 mikrophotographische Aufnahmen ihren Platz (Lichtdrucke von R. PRAGER).

C. GÜNTHER (Berlin) veröffentlichte 1880 seine grossen Aufnahmen von Pleurosigma angulatum, von denen die eine in 2000facher, die andere in 5900facher direkter Vergrösserung hergestellt ist. GÜNTHER benutzte eine Wasser-Immersion No. VII von GUNDLACH in Verbindung mit der achromatischen Konkavlinse (WOODWARD's Amplifier). Trotz der Konkavlinse war für die zweite Aufnahme ein Plattenabstand von 3 m erforderlich. Die Auflösung ist der Hauptsache nach diejenige in Perlen.

Im „Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie“ (Bd. XII, 1880) bringt LETZERICH einige vom Pfarrer THELEN in Hagen aufgenommene Mikrophotogramme angeblicher Plasmazellen und Plasmakugeln. Nach KOCH sind diese Gebilde gewöhnliche heranwachsende Mikrokokken-Kolonien, die sich in Hausenblasen-Gallerte befinden, also längere Zeit in geschlossener Masse bleiben, als wenn sie in einer Flüssigkeit lebten.

Man sollte meinen, dass die Photogramme von KOCH den Mikrophotographen als Maßstab für ihre eigenen Leistungen dienen und ausschlaggebend bei Beantwortung der Frage sein mussten, ob Bilder reif zur Veröffentlichung sind, oder nicht. Dass dies sich nicht so verhält, beweisen die 1881 erschienenen ZÜRN'schen Photogramme angeblicher Milzbrandbacillen¹⁾, welche auch nicht den allerbescheidensten Anforderungen genügen. Dieselben leiden an fast allen Fehlern, welche bei Mikrophotogrammen vorkommen können; sie entbehren jeder Schärfe, sind grösstentheils nicht einmal richtig eingestellt, haben ausgeprägte Interferenzlinien und wurden überdies retuschiert.

Das 1881 herausgegebene Werk: „Recherches sur l'appareil téguimentaire des racines“ ist mit 50 recht guten mikrophotographischen Tafeln, die von LOUIS OLIVIER (Paris) herühren, illustriert.

¹⁾ Separat-Abdruck aus dem ersten Bericht des landwirtschaftlichen Instituts der Universität Leipzig (1881).

1882 erschien STEIN's Werk über die menschlichen Parasiten (Lahr, Schauenburg), mit 115 theils von STEIN theils von GRIMM hergestellten Mikrophotogrammen.

Der Hofphotograph J. GRIMM in Offenburg lieferte die mikrophotographischen Aufnahmen für mehrere wissenschaftliche Arbeiten, unter denen wir folgende namhaft machen:

1. Prof. TSCHERMAK (Wien), Die mikroskopische Beschaffenheit der Meteoriten. Mit 8 photographischen Tafeln. 1883-1885.

2. Dr. WOLFF (Strassburg), Die pflanzlichen Parasiten der Haut.

3. Prof. KOLLMANN (Basel), Atlas der Zahnentwickelung.

4. Prof. E. COHEN (Strassburg), Sammlung von Mikrophotographien zur Veranschaulichung der mikroskopischen Struktur der Mineralien und Gesteine. 80 Tafeln mit 320 Mikrophotogrammen (1884). — Die Abbildungen zeigen die wichtigsten Erscheinungen, welche Mineralien und Gesteine unter dem Mikroskop darbieten, z. B. charakteristische Krystall-Durchschnitte, Mikrolithe, Einschlüsse, Schlagfiguren, Zwillingsbildung, Aetzfiguren, mikrochemische Reaktionen, Kieselfluorverbindungen u. s. w.

5. Prof. WALDEYER (Strassburg), Atlas der menschlichen und thierischen Haare. Lichtdrucke von MORITZ SCHAUENBURG, Lahr, 1884. Die Aufnahmen sind durchweg tadellos, wobei allerdings nicht ausser Acht zu lassen ist, dass es sich ausschliesslich um schwache Objektivvergrösserung handelt.

6. Prof. BIRNBAUM (Karlsruhe), Atlas von Photographien mikroskopischer Präparate der reinen und gefälschten Nahrungsmittel, 1886.

Seinem Werke „Das Mikroskop und die mikrographische Technik“ (1884) giebt STEIN vier Lichtdrucktafeln mit Mikrophotogrammen bei, unter denen besonders zwei aus dem Jahre 1860 stammende, vom Apotheker MAYER in Frankfurt a. M. hergestellte Aufnahmen von Pleurosigma angulatum ($700/1$) und Pleurosigma attenuatum ($650/1$) unsere Aufmerksamkeit fesseln. Die Bilder beweisen, dass MAYER trotz seiner mangelhaften Hilfsmittel ein vollendet Künstler auf dem Gebiete der Mikrophotographie war. Auf den übrigen Tafeln veröffentlicht STEIN ausser eigenen Aufnahmen auch solche von WOODWARD in Washington (Pleurosigma angulatum $2000/1$, Pleurosigma formosum $3000/1$) und JUL. GRIMM in Offenburg. Unter letzteren setzt der „Auswurf mit Tuberkel-Bacillen“ (Figur 5 auf Tafel V) jeden Kenner in Staunen. Man sieht nämlich sofort, dass die hier dargestellten angeblichen Bacillen das Produkt einer mit Bleistift und Pinsel ausgeführten Retusche sind. Hätte GRIMM die geringsten bakteriologischen Kenntnisse, so würde er die in Wirklichkeit zarten Stäbchen gewiss etwas feiner und nicht so

grob wie Dreschflegel gezeichnet haben. STEIN bemerkt im erklärenden Texte: „Besonders sind die kokkenhaltigen Bacillen im Centrum des Sehfeldes bemerkenswerth“! Ein anderes, ebenfalls von GRIMM geliefertes Mikrophotogramm „Mit Milzbrandbakterien durchsetztes Blut“ (Figur 4 auf Tafel V) ist unscharf und zeigt starke Diffraktionssäume. GRIMM ist demnach starken Objektivvergrösserungen nicht gewachsen.

Zu den völlig verfehlten Arbeiten zählt der Atlas der Pflanzenkrankheiten von Dr. ZIMMERMANN, mit photographischen Aufnahmen von WIEGAND in Zeitz (Halle 1885). Der Herausgeber beabsichtigte ein Werk zu bringen, in welchem die erkrankten Pflanzen makroskopisch und neben denselben Mikrophotogramme der Krankheitserreger dargestellt sind. Gewiss ein äusserst fruchtbare Gedanke! Weshalb überträgt man aber die Ausführung einem Photographen, der bisher nur durch seine Photogramme nach Zeichnungen sich bemerkbar gemacht hat? WIEGAND verfuhr bei Herstellung der Mehrzahl vorliegender Mikrophotogramme offenbar folgendermassen: Er fertigte ein mikrophotographisches Negativ, verbesserte in der Kopie die Unvollkommenheiten mit Feder und Pinsel und machte nach diesem Kunstprodukt ein zweites, für den Lichtdruck bestimmtes Negativ. Da der Verfertiger ein nicht ungeschickter Zeichner ist, so gehört ein sachkundiges Auge dazu, um dies zu erkennen. Bei einzelnen Abbildungen, welche ein Präparat zuerst in schwacher, dann in stärkerer Vergrösserung darstellen, zeigen sich wesentliche Abweichungen, obgleich die verschiedenen Aufnahmen von derselben Stelle des Präparates gefertigt wurden.

In dieselbe Zeit fällt der „Mikroskopische Atlas zum Gebrauche für Gesundheitsbeamte, Apotheker, Drogisten, Kaufleute und gebildete Laien“ von Dr. F. ELSNER (Halle a. S., Knapp).

In VIRCHOW's Archiv (Band CVI, 1886) veröffentlichte O. ISRAEL einige Versuche mit ungefärbten, in flüssigen Medien eingebetteten Objekten. Derselbe Autor legte auf dem internationalen medizinischen Kongress zu Berlin (1890) seine Aufnahmen von Gehirnschnitten vor, die aus einer Anzahl einzelner mikrophotographischer Aufnahmen ein Mosaikbild des grossen Objektes geben. Dies aus mehreren Aufnahmen zusammengesetzte Mosaikbild war dann von Neuem photographirt. ISRAEL schlug dies Verfahren ein, um über das ungewöhnlich grosse Präparat einen besseren Gesamtüberblick geben zu können, als dies bei einzelnen Theilbildern möglich gewesen wäre. Die Originalaufnahme auf einer einzigen Platte zu fertigen, wäre wegen der Grösse der Platte sehr umständlich gewesen. Auch hätte es schwer gehalten, bei der Grösse des Präparates ein völlig ebenes Bildfeld zu erzielen. Bei den neuesten

Planaren von ZEISS würde man jetzt auch so grosse Präparate auf einer einzigen Platte aufnehmen können.

Die ersten gut gelungenen mikrophotographischen Lösungen der Querstreifen von *Amphibleura pellucida* röhren von dem Amerikaner WOODWARD her. VAN HEURCK war der Erste, welcher Längs- und Querstreifung dieser Diatomee zur Lösung brachte (1886). Bei verschiedenen Bildern dieses Autors, die uns zu Gesicht kamen, hatte man die Umgebung der Kieselschale bis an den Rand der letzteren abgedeckt. In Folge dessen ist es unmöglich zu entscheiden, wie viel von der im Bilde vorhandenen Längsstreifung auf Rechnung der Diffraktionslinien zu setzen ist. Bekanntlich fertigte VAN HEURCK ganz kleine Originalaufnahmen und vergrösserte dieselben nachträglich. Die Endresultate können uns nicht davon überzeugen, dass dies Verfahren gegenüber dem gewöhnlichen irgendwelche Vortheile bietet. Man möchte vielmehr glauben, dass die Bilder einen besseren Eindruck machen würden, wäre das Originalnegativ sogleich in der endgültig gewünschten Vergrösserung hergestellt.

1886 erschien das mit zahlreichen Mikrophotogrammen ausgestattete Werk von TROUP über den Auswurf¹⁾.

26 Mikrophotogramme der asiatischen Cholera bringt die Arbeit von E. VAN ERMENGEN: „Recherches sur le microbe du Choléra asiatique“.

Vortreffliche, durch KOCH und PLAGGE gefertigte Aufnahmen von Cholera-Bakterien enthält ferner das Buch von RIEDEL „Die Cholera“ (Berlin 1887, Enslin).

Zu den erbärmlichsten Machwerken auf dem Gebiete der Mikrophotographie gehören STENGLIN's „Mikrophotogramme zum Studium der angewandten Naturwissenschaften“ (Berlin 1886, Parey). STENGLIN gehört zu den wenigen Mikrophotographen, welche es fertig brachten, selbst bei schwacher Objektivvergrösserung ganz Ungenügendes zu leisten. Die Blätter enthalten eine Musterkarte aller möglichen Fehler, welche der Mikrophotograph begehen kann: Unscharfe Umrisse, Diffraktionslinien, Flecke u. s. w. Trotz des umfangreichen Registers der in Aussicht genommenen Aufnahmen gedieh das Werk nicht über die erste Lieferung hinaus. Derartige Stümpereien schaden der Mikrophotographie auf's Empfindlichste. Seit Jahren erstrebt man Ersetzung der Zeichnungen in bakteriologischen und histologischen Werken durch Mikrophotogramme; die STENGLIN'schen Bilder werden nur dazu bei-

¹⁾ TROUP, Sputum its microscopy and diagnostic and prognostic significations, illustrated with numerous photo-micrographic plates and chromolithographs. Edinburgh 1886.

tragen, Autoren und Verleger von einer Aenderung des bisherigen Illustrationsverfahrens abzuhalten. Die Sache gewinnt besondere Bedeutung dadurch, dass sich STENGLER für berechtigt hielt, die Welt mit einem „Lehrbuch“ der Mikrophotographie zu beschenken (1887). Die letzterem beigegebenen Probelichtdrucke (Cholera nostras und Tuberkel-Bacillen $\frac{700}{1}$), liess STENGLER nach Negativen fertigen, welche Verfasser dieser Zeilen mehrere Jahre früher aufgenommen und aus der grossen Zahl seiner Negative als unbrauchbar ausgemerzt hatte. Die Angaben über Herstellungsart, welche STENGLER unter die Lichtdrucke setzt, sind völlig unzutreffend.

Der mehrfach angeführte Special-Katalog von ZEISS (1888) enthält wohlgelungene Photogramme von Insekten, histologischen Präparaten und Diatomeen (Pleurosigma angulatum und Amphipleura pellucida). Interessant ist besonders die bei verschiedenartiger Beleuchtung sehr verschiedene Zeichnung von Pleurosigma.

Unter den Photogrammen, welche JESERICH seiner „Mikrophotographie“ (1888) beigibt, befinden sich einige botanische, mit schwachen Objektiven gefertigte Bilder. Die Bakterienphotogramme (Milzbrand und Spaltpilze aus dem Wein) sind unscharf.

In der österreichischen Monatsschrift für Thierheilkunde (Wien 1888, No. 6) unternimmt Prof. KITT einen dankenswerthen Versuch mit der Wiedergabe seiner vortrefflichen mikrophotographischen Bakterienaufnahmen (Milzbrand, Geflügelcholera und Rinderseuche) durch ein billiges Reproduktionsverfahren, die Autotypie. Wenn auch die Schönheit der Bilder durch die, diesem Verfahren anhaftenden Mängel wesentlich leidet, so wird der dargestellte Gegenstand durch die Zinkätzung doch naturwahrer wiedergegeben, als durch Zeichnung. In der „Encyklopädie der gesammten Thierheilkunde“ S. 463 (Wien 1889) veröffentlicht KITT noch andere, nach derselben Methode ausgeführte Aufnahmen: Inhalt eines MIESCHER'schen Schlauches, Tuberkel vom Rind, Tuberkel mit centraler Verkäsung und Oedembacillen. Eine grössere Anzahl weiterer Photogramme findet sich in dem Buche von KITT: „Bakteriologische und pathologisch-histologische Uebungen“ (Wien, Perles).

Dr. GÜNTHER brachte eine grössere Reihe von Bakterienaufnahmen, besonders nach Schnittpräparaten, durch das Institut für Mikroskopie von KÖNIG in den Handel. Auch sein Werk „Einführung in das Studium der Bakteriologie“ (Leipzig, Thieme) ist mit einer grossen Reihe vorzüglichster Aufnahmen ausgestattet.

In seinem glänzend ausgestatteten Specialwerk: „Photography of bacteria“ (London 1888) veröffentlicht CROOKSHANK 86 Photogramme

der verschiedensten Bakterienarten, die theils nach Deckglas-, theils nach Schnittpräparaten aufgenommen sind. Viele der Bilder wurden je nach Färbung des Präparates mit blauer, violetter, brauner oder rother Farbe gedruckt. Hoffentlich findet diese Spielerei wenigstens in Deutschland keine Nachahmung. Das Buntfärben der Bakterien ist ein Nothbehelf, da Schwarzfärbung nicht in allen Fällen gelingt. Bei Lichtdrucken die natürlichen Vortheile der schwarzen Farbe aufzugeben, ist um so weniger empfehlenswerth, als hier der Umstand störend wirkt, dass nicht nur die Bacillen, sondern auch der Untergrund Farbe annehmen, und daher keineswegs der Eindruck eines gut gefärbten Bacillenpräparates entsteht. Sieht man von dem äusseren Blendwerk ab und betrachtet die Einzelheiten genauer, so ergiebt sich, dass CROOKSHANK's Photogramme hinter denen, welche KOCH mehr als 10 Jahre früher veröffentlichte, weit zurückstehen. Anstatt die Objekte in 700-1000facher Vergrösserung zu geben, welche zum klaren Erkennen der Einzelheiten in allen Fällen ausreicht, zieht CROOKSHANK seine Bakterien bis auf 2500 und 3000 in die Länge. Gleich auf der ersten Tafel wird ohne die beigedruckte Bescheinigung Niemand die unförmigen rothen Klexe für Mikrokokken halten. Leidlich scharf sind nur die allerleichtesten Objekte; wie Anthrax, Bacillus alvei, Spirillum tenue u. s. w. Bei schwierigen Sachen, wie z. B. bei sporenhaltigen Tuberkelbacillen, versagen dem Autor die Kräfte gänzlich. Die verderbliche Wirkung des Kolorirens und der Uebervergrösserung wird in klarster Weise dadurch veranschaulicht, dass CROOKSHANK die auf den ersten 18 Tafeln enthaltenen Objekte auf den letzten 4 Tafeln noch einmal mit Schwarzdruck in 400-600facher Vergrösserung wiedergiebt. Hier erscheint mancher Mikroorganismus verhältnismässig deutlich, welcher in der stärkeren Vergrösserung unscharf ist.

Das Werk von A. TRUAN und O. N. WITT: Die Diatomeen der Polycystinenkreide von Jérémie [Hayti] (Berlin 1888) enthält auf 7 Tafeln 144 wohlgelungene Abbildungen. Die ursprünglichen, in 550facher Vergrösserung gefertigten Aufnahmen wurden durch den Lichtdruck auf zwei Drittel der Originalgrösse verkleinert. In demselben Jahre erschien der „Atlas der Holzstruktur, dargestellt in Mikrophotographien“ von N. J. C. MÜLLER (Halle 1888).

MAX HAUER, Apotheker in Oberhausen bei Augsburg, veröffentlichte einen pflanzenanatomischen Atlas zum Unterricht in der Pharmakognosie. Die Bilder sind in sehr grossem Format hergestellt, doch handelt es sich hier nicht um starke Objektivvergrösserung, denn die Aufnahmen geschahen mit verhältnismässig schwachen Objektiven, und die Grösse wurde erzielt durch eine lange Kamera oder durch nach-

trägliche Vergrösserung der Negative. Sollen derartige Bilder den Wettbewerb mit guten, für den Unterricht völlig ausreichenden Zeichnungen aushalten, so müsste vor allen Dingen ihre Schärfe und Deutlichkeit grösser sein. Auf den Photogrammen machen sich Diffraktionslinien, welche alle möglichen, in Natur nicht vorhandenen Zeichnungen vortäuschen, in unangenehmster Weise bemerkbar. Neuere Veröffentlichungen desselben Autors zeigen ausserordentliche Fortschritte gegenüber dem soeben besprochenen ‚Atlas‘.

BURSTERT und FÜRSTENBERG fertigten zahlreiche wohlgelungene Aufnahmen nach zoologischen und botanischen Objekten. Sie sollen hauptsächlich dem Unterrichte dienen.

Ein Werk von hervorragender Bedeutung ist der ‚mikrophotographische Atlas der Bakterienkunde‘ von FRAENKEL und PFEIFFER (Berlin 1889-90, Hirschwald). Die unter KOCH’s Leitung arbeitenden Verfasser geben in demselben einen Ueberblick über die wichtigsten bis jetzt bekannten Formen der Bakterien. Man beschränkte sich nicht darauf, gefärbte und ungefärbte Deckglas-Präparate und Schnitte in verschiedenen Vergrösserungen zu photographiren; es werden auch Reagenzglas- und Plattenkulturen in natürlicher Grösse und schwachen Vergrösserungen vorgeführt. Die Schärfe der mit den besten ZEISS-schen Apochromaten, mit dem grossen ZEISS-schen Apparat und mit Sonnenlicht oder Zirkonlicht hergestellten Bilder ist musterhaft. Ein solches Werk gelingt nur dort, wo viele ungewöhnlich günstige Bedingungen zusammentreffen: Die vollkommenen technischen Hilfsmittel, ausreichende Musse für die zeitraubenden Arbeiten, der kritische Blick des Altmeisters der Mikrophotographie und Bakterienkunde, und vor allen Dingen eine Präparat-Sammlung, wie sie einzig in der Welt dasteht. Die Ausführung der Glanz-Lichtdrucke geschah durch die Anstalt von J. B. OBERNETTER in München, deren Leistungen als die vorzüglichsten — freilich auch als die theuersten — auf diesem Gebiete bekannt sind.

Ueber die Amphipleura pellucida ($1000/1$), mit welcher die Reihe der Photogramme anhebt, dürften die Meinungen sich theilen. Die Auflösung in Perlen ist scheinbar vollkommen; doch prägen sich die auch ausserhalb der Diatomee auftretenden Diffraktionslinien in so starker Weise aus, dass die Entscheidung darüber, was innerhalb der Kieselschale diesen Linien und was der in Wirklichkeit vorhandenen Längsstreifung angehört, zur Unmöglichkeit wird. Unter den Bakterienphotogrammen sei besonders auf diejenigen hingewiesen, welche nach gefärbten und ungefärbten Präparaten die feinen Geisseln zur Darstellung bringen. Eine Ergänzung zu dem soeben besprochenen ‚Atlas‘

bilden die von PFEIFFER herausgegebenen Beiträge zur Protozoen-Forschung.

In das hellste Licht wird die Bedeutung der Mikrophotographie gesetzt durch die Bakterienphotogramme von Prof. LOEFFLER. Bekanntlich gelang es LOEFFLER, die bis dahin höchst mangelhaften Methoden der Geisselfärbung derart zu verbessern, dass man ohne besondere Mühe diese feinsten Gebilde, wo solche überhaupt vorhanden, zur Anschauung bringen kann. Seinen Veröffentlichungen hierüber¹ fügt LOEFFLER 4 Tafeln mit 16 Mikrophotogrammen bei, auf welchen die Geisseln der verschiedensten Bacillen und Spirillen in klarster Weise dargestellt sind. Höchst bemerkenswerth sind auch die Monaden mit gefiederten Geisseln, ferner die Haarzöpfe an den Rauschbrandbacillen.

Der gleichzeitig mit der ersten Auflage dieses Lehrbuches erschienenen „Mikrophotographie“ von MARKTANNER (Halle 1890, Knapp) sind 9 gute Mikrophotogramme beigefügt.

Vom Verfasser röhren u. A. folgende mikrophotographische Aufnahmen her: Eine Sammlung von Diatomeen, histologischen und bakteriologischen Aufnahmen, zum Theil erschienen bei KLÖNNE & MÜLLER in Berlin, zum Theil bei A. KRÜSS in Hamburg (Diapositive und Abzüge auf Chlorsilberpapier); ferner: 22 Aufnahmen nach Präparaten des inneren Ohres (in dem Ohrenatlas von Dr. L. KATZ. Berlin, Hirschwald); 15 Aufnahmen von Schneekristallen² (in dem Werke von Prof. HELLMANN über Schneekristalle. Berlin 1893, Mückenberger); 13 Aufnahmen von Mikroorganismen der Mundhöhle (in dem Werke von Prof. MILLER über Mikroorganismen der Mundhöhle. Leipzig 1892, Thieme); 18 Aufnahmen von Mikroorganismen der Mundhöhle (im: Dental Cosmos for September, Oktober and November 1891); 35 Aufnahmen von Actinomyces (in dem Aufsatze von Prof. WOLFF und Dr. J. ISRAEL über Reinkultur des Actinomyces. VIRCHOW's Archiv Bd. 76, 1891. Die Lichtdruck-Reproduktion ist in vorliegendem Falle ausserordentlich mangelhaft); 8 Aufnahmen von Kehlkopf-Präparaten (in dem Aufsatze von Prof. B. FRAENKEL über die feinere Anatomie des Kehlkopfes. Archiv für Laryngologie Bd. I, Heft 2); 12 Aufnahmen von Malaria-Parasiten (in dem Werke von Dr. F. PLEHN über Malaria. Berlin 1898, Hirschwald). Ausserdem finden sich einzelne Aufnahmen des Verfassers zerstreut in verschiedenen Abhandlungen des In- und Auslandes.

¹⁾ Centralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde Bd. VI, 1889, No. 8 und 9; Bd. VII, 1890, No. 20.

²⁾ Ueber Aufnahmen von Schneekristallen, die von Anderen gefertigt wurden, s. S. 178.

In den Sitzungsberichten der k. Akademie der Wissenschaften zu Wien erschienen 18 zum Theil mit polarisirtem Lichte aufgenommene Mikrophotogramme, die 1889 von EDER und v. REISINGER in Wien gefertigt wurden.

Das Ausgezeichnetste auf dem Gebiete der Aufnahmen mit auf-fallendem Licht sind die Mikrophotogramme, welche Prof. A. MARTENS an der technischen Hochschule zu Berlin-Charlottenburg herstellte (über den von MARTENS angewendeten Apparat s. S. 142). Den „Mittheilungen aus den k. technischen Versuchsanstalten“ (1891, S. 278) sind 33 von MARTENS gefertigte Mikrophotogramme (Lichtdrucke) beigegeben, welche für derartige Arbeiten als Muster dienen können. Weitere mit auf-fallendem Licht von MARTENS gefertigte Aufnahmen (Eisenschliffe) enthalten die Zeitschrift „Stahl und Eisen“ 1892, No. 9 (Lichtdruck), 1894 No. 17 (Lichtdruck) und die „Transactions of the american institute of mining engineers“ 1893, 1. August (Autotypie).

24 gelungene Mikrophotogramme in Lichtdruck illustriren eine Arbeit von Prof. RAYMANN und K. KRÜSS in den „Mittheilungen der Versuchsstation für Spiritusindustrie in Prag“ (1891).

Um *Amphipleura pellucida* möglichst vollkommen zu lösen, ver-wendeten mehrere Forscher das Monobromnaphthalin-Immersionssystem von ZEISS (s. S. 49). Gute Resultate erhielt hiermit VAN HEURCK; die-selben sind veröffentlicht in: H. VAN HEURCK, *La nouvelle combinaison optique de ZEISS*. Antwerpen 1890. Noch Vortrefflicheres leistete jedoch auf diesem Gebiete Prof. E. ZETTNOW (veröffentlicht in EDER's Jahrbuch für 1893). Die Auflösung in Punkte ist tadellos, ohne dass sich nennenswerthe Diffraktionssäume zeigen (vergl. hierzu S. 138).

Zu den ausgezeichnetsten Leistungen auf mikrophotographischem Ge-biete gehört das Werk von MÖLLER: „Lichtdrucktafeln hervorragend schöner und vollständiger MÖLLER'scher Diatomaceen-Präparate“ (59 Tafeln in Leinwandmappe. Wedel 1891, Selbstverlag). Der durch seine pracht-vollen Diatomeen-Typenplatten bekannte Autor giebt in genanntem Tafelwerk in erster Linie jene berühmte von ihm gefertigte Typenplatte wieder, welche nicht weniger als 4026 Species, Varietäten und Formen enthält, welche in streng systematischer Folge angeordnet sind. Ein so einzig in seiner Art dastehendes Präparat, welches im kleinsten Raume ($6 \times 6,7$ mm) die gesamme Diatomeenkunde umfasst, kann schliesslich nur Eigenthum eines Einzelnen werden, vielleicht eines solchen, den mehr die Sucht nach Seltenheiten als Lernbegierde zum Erwerbe des Prachtstückes bewog. Wir sind daher MÖLLER zu Dank verpflichtet, dass er durch seine vortrefflich ausgeführten Mikrophotogramme dafür Sorge trug, ein solches Lehrmaterial auch weiteren Kreisen zugänglich

zu machen. Tafel 1 zeigt genannte Typenplatte in 38facher Linearvergrösserung. In Tafel 2 bis 10 werden die neun Abschnitte jener Platte in stärkerer Vergrösserung vorgeführt. Als Tafeln 11 bis 28 folgen in 125facher Linearvergrösserung Aufnahmen von Typenplatten, welche die an verschiedenen Punkten der Erde neben einander vorkommenden Diatomeenformen in übersichtlicher Reihen-Anordnung zeigen. Die Tafeln 29 bis 58 enthalten 30 Aufnahmen von Typenplatten, auf denen die einzelnen Schalen, nach Fundorten geordnet, ohne Reihen-anordnung liegen. Die letzte Tafel gibt 4 Präparate wieder, wo die Diatomeen in kunstvollen Rosetten zusammengestellt sind. Besonders zu loben ist auch die Ausführung der Lichtdrucke von STRUMPER & Co. in Hamburg.

58 von E. VALENTA in Wien hergestellte Mikrophotogramme veranschaulichen die in verschiedenen gewerblichen Betrieben vorkommenden Staubarten (Verlag des Vereines zur Pflege des gewerblich-hygienischen Museum in Wien 1892).

Seinem Werke: „Der mikrophotographische Apparat der Leipziger Anatomie“ (1892) gibt His zwei grosse Heliogravüretafeln bei, von denen die eine den Frontalschnitt durch Kopf und Hals eines menschlichen Fötus aus dem vierten Monat (Vergrösserung 9), die andere einen Durchschnitt durch das Rückenmark und seine Umgebung von einem vierwöchentlichen menschlichen Embryo (Vergrösserung 210) darstellt. Diese Bilder veranschaulichen den Charakter negativer direkt auf Bromsilberpapier hergestellter Schnittbilder (vergl. S. 148).

Die Arbeit von Dr. KARG „Ueber das Karcinom“ (Deutsche Zeitschrift für Chirurgie 1892) enthält auf 10 Tafeln 23 vortreffliche, von KARG hergestellte Mikrophotogramme, die sich auf Krebsgeschwülste beziehen. Sehr zu loben ist auch die Ausführung der Lichtdrucke von KLINKHARDT in Leipzig.

Ein Prachtwerk ersten Ranges ist der „Atlas der pathologischen Gewebelehre in mikrophotographischer Darstellung von Dr. KARG und Dr. SCHMORL“ (Leipzig 1893, F. C. W. Vogel). Auf 27 Tafeln in Grossformat, die in vorzüglichster Heliogravüre ausgeführt sind, enthält das Werk eine Unsumme der anschaulichsten und technisch vollendetsten Aufnahmen. Wer noch Zweifel darüber hegte, ob die Mikrophotographie wirklich im Stande sei, auf anatomischem Gebiete die Zeichnung vollständig zu ersetzen, wird durch genannte Veröffentlichung zu einem überzeugten Anhänger der Mikrophotographie werden.

In einem 1894 erschienenen Werke „Mikrophotographischer Atlas der normalen Histologie menschlicher Zähne“ (Hagen i. W., Hermann Risel & Co.) gibt OTTO WALKHOFF auf 18 Lichtdrucktafeln in 114 mikro-

photographischen Darstellungen die Histologie der Zähne. Das Werk ist ausserordentlich fleissig, sowohl in Bezug auf Beschaffung der anschaulichen Präparate als auch in Bezug auf Ausführung der Mikrophotogramme. Die Aufnahmen wurden mit elektrischem Bogenlichte gefertigt.

16 von Dr. S. ENGEL herrührende Aufnahmen (Internationale medizinisch-photographische Monatsschrift Bd. I, 1894, Heft 10) zeigen die Entwicklung des Blutes.

Professor SPALTEHOLZ machte in seinem Werke ‚Die Arterien der menschlichen Haut‘ (Leipzig 1895, Veit & Co.) einen gelungenen Versuch, die stereoskopische Mikrophotographie zu beleben. Die auf 13 Heliogravüretafeln dargestellten Hautpräparate machen, im Stereoskop betrachtet, einen vorzüglichen körperlichen Eindruck. Auf keine andere Weise lässt sich auch nur annähernd ein so anschauliches Bild von dem Verlaufe der Adern geben. Zu den Aufnahmen, die in ganz schwacher Vergrösserung (1,2 bis 6) hergestellt sind, bediente sich SPALTEHOLZ einer senkrecht aufgestellten Kamera mit Landschaftslinse. Die Präparate wurden auf stereoskopischer Wippe von ungewöhnlicher Grösse befestigt (s. S. 173).

Eine bemerkenswerthe Leistung ist der ‚Mikrophotographische Atlas der Bakterienkunde‘ von Dr. ITZEROTT und Dr. NIEMANN (Leipzig 1895, Joh. Ambr. Barth). Derselbe enthält 126 Aufnahmen theils nach Schnitten, theils nach Deckglas-Trockenpräparaten.

8 von ZETTNOW gefertigte Mikrophotogramme (Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten Bd. XXI, 1895) zeigen die Entwickelungsformen des Bacillus der Bubonenpest. Derselbe Parasit wurde von Prof. R. PFEIFFER am Institut für Infektionskrankheiten zu Berlin in einer Reihe ausgezeichneter Mikrophotogramme zur Darstellung gebracht. (Bericht der deutschen Pest-Kommission 1898.)

Lassen wir es bei dieser Aufzählung bewenden. Jedes Mikrophotogramm namhaft zu machen, welches (besonders innerhalb der letzten zehn Jahre) veröffentlicht wurde, ist unmöglich. Vorstehendes Verzeichnis wird dem Anfänger zeigen, wo er seine eigenen Aufnahmen mit denjenigen Anderer vergleichen kann. Ein solcher Vergleich erweist sich unter allen Umständen als nothwendig. Manches Photogramm wäre unveröffentlicht geblieben, hätte sein Verfertiger sich bei Zeiten unter dem vorhandenen Material umgesehen. Selbstüberschätzung, der schlimmste Feind des Mikrophotographen, lässt sich nur durch vorurtheilsfreie Vergleichung der eigenen Leistungen mit denjenigen Anderer bekämpfen.

Die Zukunft der Mikrophotographie hängt ab von dem ernsten Streben aller beteiligten Kreise. Nicht neue, kostspielige Apparate, nicht verwickelte Methoden bringen die Mikrophotographie auf einen grünen Zweig, sondern Fleiss, Ausdauer und gewissenhafte Prüfung der gewonnenen Ergebnisse. Jedem Jünger unserer Kunst sei es zur Pflicht gemacht, nicht zu ruhen, bevor er sich nicht die nötige Fertigkeit aneignete, um in allen möglichen Vergrösserungen gute Negative herstellen und auftretende Fehler richtig beurtheilen zu können. Er darf sich nicht für einen grossen Künstler halten, wenn er einige leidlich scharfe Photogramme bei schwacher Objektivvergrösserung zu Wege brachte. Mit schwachen Systemen fertigte man schon vor vierzig Jahren vortreffliche Bilder, trotz der damals überaus mangelhaften Hilfsmittel. Heutigen Tags geben nur die mit starken und stärksten Objektiven hergestellten Aufnahmen einen Maßstab für die Leistungsfähigkeit. Wer den Ehrgeiz hat, sich durch besondere Leistungen über seine Fachgenossen erheben zu wollen, findet auf verschiedenen Gebieten ein reiches Feld seiner Thätigkeit, z. B. in Herstellung von Momentbildern, von stereoskopischen Photogrammen, von Aufnahmen bei Beleuchtung mit sehr kurzwelligem Licht u. s. w. Doch wage sich Niemand an diese Aufgaben, der nicht die mikrophotographische Technik bis ins Kleinste beherrscht.

Erklärung der Tafeln

Auf vorliegenden Tafeln sind nur Aufnahmen mit mittelstarken und stärksten Objektiven wiedergegeben, da schwache Objektivvergrösserungen Schwierigkeiten nicht bieten. Tafel I ging hervor aus der Lichtdruckanstalt von J. BAECKMANN in Karlsruhe. Tafel II ist eine Heliogravüre von MEISENBACH, RIFFARTH & Co. zu Berlin.

Die Aufnahmen wurden vom Verfasser ohne besonderen mikrophotographischen Apparat mit der durch ein Papprohr verlängerten Reise-Kamera gefertigt, nachdem letztere durch die in Figur 13 (Seite 21) dargestellte Vorrichtung mit dem Mikroskop in lichtdichte Verbindung gebracht war. Mikroskop und Kamera standen auf gesonderten Tischen. Die Bilder wurden nicht retuschiert.

Tafel I

Amphibleura pellucida. Vergr. 2000 linear. Präparat von MÖLLER in Wedel (Holstein). Einbettung in Zinnchlorür. Objektiv: ZEISS' apochromat. Oel-Immersion 2 mm Brw., 1,40 Apertur und Projektionsokular No. IV von ZEISS. ABBE'scher Beleuchtungsapparat. Zwischen Frontlinse des letzteren und Unterseite des Objektträgers eine Luftschiicht. Schiefe Beleuchtung. Einfall der Strahlen parallel der mittleren Raphe. Sonnenlicht filtrirt durch dunkelblaue Kupferoxydammoniak-Küvette. Gewöhnliche Bromsilbergelatineplatte. Belichtungszeit 3 Sekunden.

Tafel II

No. 1. CORTI'sches Gehör-Organ. Lamina reticularis. Die Nervenelemente des Gehör-Organs stehen wie Orgelpfeifen neben einander. Vergr. 200 linear. Präparat (ungefärbt) von Dr. L. KATZ. Objektiv: Trockensystem No. VII von HARTNACK (altes System aus dem Jahre 1876), und Okular No. II von HARTNACK, verlängert nach der vom Verfasser angegebenen Methode (s. S. 59). ABBE'scher Beleuchtungsapparat. Petroleumlicht ohne Lichtfilter. Erythrosin-Badeplatte. Belichtungszeit 2 Minuten.

Die Aufnahme ist ein Beispiel dafür, dass man auch Dinge, die im Präparate sehr verschiedenen Ebenen angehören, im Bilde scharf erhalten kann. Um dies zu erreichen, wurde der Beleuchtungskegel, so weit dies irgend zulässig, eingeengt (s. S. 226). Mit noch schmälerem Beleuchtungskegel zu arbeiten und daher die tiefer gelegene Ebene noch schärfer abzubilden, war unzulässig, da bereits die ersten Spuren von Diffraktionssäumen auftreten (besonders auf der linken Hälfte des Bildes).

No. 2. *Typhus-Bacillen mit Geisseln*. Vergr. 1000 linear. Geisselfärbung nach LOEFFLER. Objektiv: HARTNACK's apochromat. Oel-Immersion 2 mm Brw. Projektionsokular No. II von ZEISS. ABBE-scher Beleuchtungsapparat. AUER-Licht mit PikrinfILTER. Belichtungszeit 1 Minute. Erythrosin-Badeplatte.

Namen-Verzeichnis

Abbe 48, 49, 51, 57, 74, 86, 113, 116, 117, 128, 132, 152, 156, 159, 161, 167, 258, 259.
Adie 48.
Albert 242.
Amici 60, 115, 158, 160.
Anschtütz 152.
Archer 182.
Auer 101, 103, 104, 295.
v. Babo 168, 174.
Baekmann 258.
Barlow 51.
Barreswil 67, 219.
de Bary 246.
Behrens 46, 158, 160.
Benecke 10, 14, 19, 20, 44, 123, 149, 194, 195, 218, 244, 246.
Berres 241.
Bertsch 63, 149, 242.
Bézu, Hausser & Co. 21.
Birnbaum 247.
Blackie 48.
Bonannus 115.
Borden 174.
Boumans 150, 244.
Bousfield 227.
Brewster 65, 110, 115, 122.
Büxenstein 221.
Burster & Fürstenberg 252.
Busch 76.

Capranica 152, 153, 154, 226.
Carlevais 103.

Carlier 140.
Carpenter 241.
Castracane 65.
Cherubin 162.
Chevalier 48.
Cohen 247.
Cohn 238, 245.
Crookshank 76, 250, 251.
Czaplewski 9.
Czapski 49.

Daguerre 1, 181, 214.
Davy 1, 2, 58, 181.
Desprats 182.
Dippel 46, 120, 156, 161, 228, 243.
Dollond 119.
Donné 1, 90, 101, 181, 241.
Drummond 102.
Du Bois-Reymond 155.
Dubosq 90, 166.
Dujardin 115, 121, 122, 124.
Duncker 99.

Eder 185, 254.
Elkan 102.
Elsner 248.
Engel 9, 256.
Engelmann 93.
van Ermengem 249.
Errera 152.

Fehling 67, 68.
Fizeau 181, 219.
Flesch 93.
Foucault 90, 101, 156, 241.

Francotte 20, 30, 32.
Fraenkel, B. 253.
Fraenkel und Pfeiffer 114, 239, 252.
Frey 182.
Fritsch 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 30, 40, 54, 56, 76, 124, 127, 145, 163, 171, 172, 173, 174, 184, 234, 244, 245.
Fuess 34, 42, 87.

Gaedicke 95, 97.
Galewsky 96.
Gebhardt 174, 175, 177.
Gerlach 4, 5, 7, 20, 75, 76, 121, 157, 218, 241, 242, 243.
Gifford 70, 71.
Greenough 162, 168.
Grimm 247, 248.
Günther, C. 184, 246.
Günther, Dr. 250.
Gundlach 56, 74, 246.

Hansemann 174.
Harting 7, 8, 18, 60, 63, 111.
Hartnack 34, 65, 68, 72, 77, 87, 124, 156, 224, 258, 259.
Hartsöcker 115.
Hauer 251.
Heeger 242.
Heller 93.
Hellmann 253.
Helwig 243.
Hesekiel 154.
Hessling 242.

van Heurck 9, 11, 55, 92, 138, 211, 249, 254.
Hildebrand 27, 42.
Hinterberger 9, 140.
His 146, 148, 149, 225.
Hodgson 241.
Hooke 18, 22, 27, 30, 39.
v. Hübl 200.
Huxley 241.
Huyghens 61.

Israel, J. 253.
Israel, O. 146, 248.
Itzerott 256.

James 94.
Jeserich 24, 126, 127, 171, 239, 250.

Karg 255.
Katz 245, 253, 258.
Kingsley 241.
Kitt 250.
Klinkhardt 255.
Klönné & Müller 42, 67, 232, 253.
Koch 16, 18, 56, 76, 115, 117, 123, 124, 125, 184, 233, 234, 236, 238, 239, 245, 246, 249, 251, 252.
Kochs-Wolz 111.
Köhler 132, 133, 134, 206.
König 250.
Kollmann 242, 247.
Krüss 253, 254.
Kupffer 246.

Laker 174.
Lees-Curties 152.
Leeuwenhoek 141.
Leitz 34, 77.
Lemaitre 219.
Lemercier 219.
Letzterich 246.
Lewis 233.
Lieberkühn 141.
Liesegang 215.
Linnemann 103, 104.
Lippmann 223, 224, 238.
Loeffler 231, 237, 253.

Maaløe 240.
Man 140.
Marey 154.
Marktanner - Turneretscher 24, 140, 151, 152, 253.
Martens 142, 254.
Mayer 2, 3, 4, 5, 54, 241, 247.
Meisenbach, Riffarth & Co. 221, 223, 258.
Meyer, O. E. 93.
Miethe 95, 179.
Miller 253.
Möller, Dr. H. 5.
Möller (in Wedel) 232, 254, 258.
Möller und Emmerich 9, 13.
Moitessier 9, 10, 11, 12, 13, 20, 72, 90, 94, 121, 122, 123, 127, 140, 141, 150, 156, 157, 163, 167, 169, 170, 174, 177, 180, 195, 218, 243, 244.
Müller, M. J. C. 251.
Müller, Otto 244.

Nachet 35, 37, 140, 144, 150, 151, 155, 164, 166, 167, 241, 243.
Naumann 179.
Neuhauß 6, 23, 59, 72, 97, 99, 100, 101, 103, 104, 134, 178, 192, 200, 224, 237, 238, 250, 253.
Newcomb 96.
Nicol 156.
Niemann 256.
Niepce de St. Victor 182, 219.
Nordenskjöld 178.

Oberhäuser 48.
Obernetter 221, 252.
Oehmke 172.
Olivier 246.
Olley 242.

Peltzer 215.
Perutz 185, 187.

Pfeiffer 114, 239, 252, 253, 256.
Plagge 79, 249.
Plehn 253.
Plössl 48, 54.
Pohl und Weselsky 3, 4, 12, 18, 20, 54, 75, 145, 157, 241.
Powell & Leeland 116.
Prager 246.
Prazmowski 65, 156, 157.
Pringle 9.
Pritchard 48.

Radiguet 92.
Raymann 254.
Reeves 63.
Reichardt und Stürenburg 18, 20, 55, 64, 89, 124, 244.
Reichert 34, 42, 143.
v. Reisinger 254.
Rheinberg 231.
Riddel 164.
Riedel 249.
Röhmann 96.
Römmler & Jonas 245, 246.
Rollett 119.
Rood 13, 19.
Ross 115.
Roux 103.
Russel 183.

Schauenburg 247.
Schiff 243.
Schmidt & Haensch 103, 147.
Schmorl 255.
Schott 51, 74.
Schuchardt 186.
Schultz-Hencke 101, 103.
Seibert & Kraft 17, 56, 74, 234.
Selle 223.
Shadbolt 63, 241.
Siemens 101.
Sigson 178.
Sorby 141, 142.
Spalteholz 173, 256.
Stearn 91.
Stegemann 145.
Stein 3, 19, 91, 247, 248.
Steinheil 62, 76, 147.
Steinschneider 217.

Stenglein 24, 146, 249,
250.
Sternberg 101.
Stirn 152, 153, 154.
Stumper & Co. 255.

Talbot 181, 182, 219, 241.
Taupenot 182.
Tavel 230.
Thelen 246.
Tolles 56.
Traer 63.
Troup 249.
Truan und Witt 251.
Tschermak 247.

Unger & Hoffmann 103.

Valenta 255.
Verfasser s. Neuhauss.

Viguier 151.
Virchow 248, 253.
Vogel 61, 184, 185.

Waldeyer 247.
Wales 56, 74.
Walkhoff 255.
Wallenberg 188.
Walmsley 22.
Watkins 155.
Wedding 141.
Wenham 65, 93, 101,
143, 144, 241.
Wheatstone 162.
Wiegand 248.
Winkel 34, 42, 77.
Witt 251.
Wolff 247, 253.
Wollaston 115.

Woodward 35, 37, 56,
246, 247, 249.

Zeiss 22, 25, 29, 30, 32,
37, 38, 40, 42, 48,
49, 51, 53, 67, 74,
76, 77, 79, 80, 86,
90, 116, 117, 119,
127, 128, 134, 138,
143, 145, 152, 156,
157, 160, 161, 162,
195, 227, 230, 231,
250, 252, 254, 258,
259.

Zenger 51.
Zenker 238.
Zettnow 70, 71, 84, 97,
137, 138, 185, 186,
254, 256.

Zimmermann 248.
Zoth 85, 86, 119.
Zürn 246.

Sach-Verzeichnis

Abbe's Beleuchtungsapparat 116.
— Mikrospektroskop 159.
— Polarisationsapparat 156.
— stereoskopisches Okular 167.
Abbildungsvermögen 49.
Abdecken des Gesichtsfeldes 210.
Ablagern des Apparates 191.
Abschwächung 202.
Absorption der Wärmestrahlen 85.
Absorptionsküvetten 67.
Abziehbare Trockenplatten 188.
Achromasie 51.
Achromatischer Kondensor 118.
Acetylenlicht 101, 103.
Addition der Lichteindrücke 237.
Aether-Sauerstoff-Kalklicht 103.
Albertypie 219.
Albuminpapier 214.
Aluminiumlicht 99.
Amici's Geradsichtsprisma 158.
— ausziehbares Okular 60.
Amphipleura pellucida 135, 258.
Amplifier von Woodward 56.
Analysator 156.
Ångström'sche Skala 159.
Apertur 47.
Apochromate 53.
Aristo-Papier 215.
Auer's Glühlicht 104.
Aufstellung des Apparates 43.
Augenblicksaufnahmen 149.
Autotypie 220.

Badeplatten 186.
Balgen-Länge und Weite 39.
Bedeutung der Mikrophotographie 232.
Begrenzungsvermögen 50.
Beleuchtung 105.
— mit Mikroskopobjektiven 115.
— mit auffallendem Licht 139.

Beleuchtungsapparate 114.
Belichtung der Platte 189.
Belichtungszeit 192.
Benecke's Apparat auf parallaktischem
Stativ 13.
Berechnung der Vergrösserung 77.
Beurtheilung des Negativs 204.
Bewegliche Objektivthe 42.
Binokuläres stereoskopisches Okular
167.
Blenden 107.
Blitzlicht 95.
Bogenlicht 89.
Bromsilber-Papier 217.
Bromsilber-Trockenplatten 183.

Celluloid-Films 154.
Centrale Beleuchtung 81.
Centrirung 128.
Chinin-Filter 69.
Chlorsilber-Celloidin-Papier 215.
Chlorsilber-Gelatine-Papier 215.
Chlorsilber-Gelatine-Platten 217.
Chlorsilber-Kollodium-Papier 215.
Chromatische Abweichung 50.
Chromatische Differenz der sphäri-
schen Abweichung 51.

Daguerreotypie 181.
Davy's Verfahren 53.
Definition 50.
Diamantlinsen 48.
Diapositiv 217.
Diatomeen-Aufnahmen 134.
Diffractionssäume 113.
Diffuses Tageslicht 89.
Drummond'sches Kalklicht 102.
Dubosq'sche Lampe 90.
Dujardin's Kondensor 115.

Dunkelfeldbeleuchtung 143.
Dunkelkammer 198.
Durchmesser des Bildes auf der Platte
80.

Edinger-Nieser'sche Kamera 34.
Einbettende Medien 227.
Einstellscheiben 20.
Eis- und Schneekristalle 177.
Eiweissverfahren 182.
Elektrisches Bogenlicht 89.
— Glühlicht 91.
Embryonale Schnittreihen 146.
Entwickelung 195.
Eosinsilber-Platten 185.
Erythrosin-Platten 186.
Erschütterungen 19.

Farbenempfindliche Platten 184.
Farbige Gläser 66.
Farbige Photographie 223.
Fehling'sche Lösung 68.
Filter 66.
Filz-Unterlagen 44.
Finder 42.
Fixirbad 201.
Flusspat-Linsen 52.
Fokusdifferenz 62.
Fraunhofer'sche Linien 81.
Fritsch's Apparate 15.

Gaslicht 101.
Gelbes Magnesium-Blitzlicht 96.
Geradsichtsprisma 158.
Gerlach's Apparate 4, 7.
Glanzlichtdruck 222.
Gleichmässige Helligkeit 206.
Glühlicht 91, 104.
Greenough's stereoskopisches Mikro-
skop 162.

Halbe Blendung 163.
Harting's Apparat 8.
Heissatiren 216.
Heliogravüre 223.
Heliostat 87.
Hohlspiegel 106.
Hooke'scher Schlüssel 18, 22, 27, 30,
39.
Horizontal-vertikal-Apparate 32.

Intensität 83.
Irisblende 119.

Jod-Filter 84.

Käufliche Präparate 232.
Kassetten 10, 180.
Kinematograph 154.
Koch's trichterförmiges Ansatzstück
16.
Kochs-Wolz'sche Lampe 111.
Köhler's Verfahren 132.
Kollodiumverfahren 182.
Kompensations-Okulare 61.
Kondensoren 109, 115.
Konkavspiegel 106.
Konvexlinsen 109.
Künstliche Lichtquellen 89.
Küvetten 66.
Kupferchromfilter 70.
Kupferlichtdruck 219.
Kupferoxydammoniak-Filter 69.

Lichtdichte Verbindung zwischen Ka-
mera und Mikroskop 21.
Lichtdruck 221.
Lichtquelle 81.
Lieberkühn'scher Spiegel 141.
Linnemann's Brenner 103.
Lippmann's Verfahren 223.

Magnesialicht 104.
Magnesiumlicht 93.
Markirapparate 42.
Martiusgelb 71, 85.
Matte Scheibe 20, 131, 134.
Mayer's Photomikroskop 2.
Mikrophotogramme 240.
Mikrophotographischer Apparat von
Benecke 13.
— — Capranica 152.
— — Engel 9.
— — Francotte 30.
— — Fritsch 15.
— — Fuess 34.
— — Gerlach 4, 7.
— — Harting 8.
— — His 146.
— — Israel 146.
— — Leitz 34.

Mikrophotographischer Apparat von Klönne & Müller 35.
— — Martens 142.
— — Mayer 2.
— — Möller 6.
— — Möller & Emmerich 10.
— — Moitessier 11.
— — Nachet 37.
— — Neuhauss 7, 24.
— — Pohl und Weselsky 3.
— — Reichardt und Stürenburg 18.
— — Reichert 34.
— — Rood 13, 19.
— — Stegemann 146.
— — Stenglein 146.
— — Winkel 34.
— — Woodward 36.
— — Zeiss 28—31.
Mikrophotographisches Mikroskopstativ von Zeiss 25.
Mikroskopirlampen 111.
Mikroskopstativ 25.
Mikrospektroskop 159.
Modell Francotte 29.
Möller und Emmerich's Apparat 10.
Möller's Apparat 6.
Moitessier's Apparate 11.
Momentaufnahmen 149.

Nachet's Apparat 37.
Nachträgliche Vergrößerung des Negativs 74, 211.
Nasse Platten 182.
Negatives Bild 180.
Negativ-Papier 188.
Negativ-Retusche 209.
Neuhauss' Apparate 7, 24.
— — Projektions-Okular 59.
— — Sensitometer-Versuch 72.
— — Verlängerung der Mikrometer-schraube 22.
Numerische Apertur 47.

Obernetter's Glanzlichtdrucke 222.
Objektive und Okulare 46.
Objektivität des Photogramms 234.
Objektttisch, beweglicher 42.
Objektträger 227.
Oeffnungswinkel 46.
Okulare 54.
Orthochromatische Platten 184.

Papier-Kopie 214.
Parallaktisches Stativ nach Benecke 13.

Parallele Strahlen 108.
Penetration 49.
Petroleumlicht 100.
Photographie in natürlichen Farben 223.
Photographische Objektive 61.
Photogravüre 219.
Pikrin-Filter 71.
Planspiegel 106.
Pohl und Weselsky's Apparat 3.
Polarisator 156.
Polarisirtes Licht 156.
Positives Bild 214.
Positiv-Retusche 223.
Präparate 225.
Prazmowski's Prisma 65.
Prisma mit totaler Reflexion 3, 12.
Projektion des Bildes 53.
Projektion des Bildes der Lichtquelle in die Objektebene 122, 181.
Projektions-Okulare 57, 79.

Reflexe 39.
Reichert's beweglicher Objekttsch 41.
Reihenaufnahmen 149.
Retusche 209, 223.
Rood's Apparat 13, 19.
Rothe Scheiben 199.

Sammellinse 109, 128.
Satiniren 216.
Schiefe Beleuchtung 81, 111, 123, 135.
Schleier 206.
Schlitzen-Objektivwechsler 40.
Schnurlauf-Übertragung 22.
Schrägstellung der Kassette 171.
Schusterkugel 67.
Sensitometer-Versuch von Neuhauss 72.
Serien-Moment-Aufnahmen 152.
Sonnenlicht 84.
Sonnenmikroskop 1.
Spektropolarisator 161.
Spektroskopische Aufnahmen 158.
Spektroskopische Prüfung der Farben 230.
Sphärische Abweichung 50, 120.
Spiegel 106.
Spontane Veränderung der Einstellung 191.
Stahldruck 219.
Steigerung der Vergrößerung durch die Photographie 75.

Stereoskopische Aufnahmen 162.
Stereoskopisches Okular 167.
Stereoskopische Wippe 169.

Tiefenzeichnung 49.
Tonfixirbad 215.
Totale Reflexion 3, 12.
Transparentpositiv 217.
Trennung von Mikroskop und Kamera
18, 24.
Trocken eingelegte Objekte 228.
Trockenplatten 183.
Tubuslänge 54.

Ueberexposition 207.
Ultraviolette Strahlen 84, 236.
Ungleiche Helligkeit des Gesichts-
feldes 205.
Universalapparat von Fritsch 17.
Unscharfe Randzone 204.
— Umrisse 205.

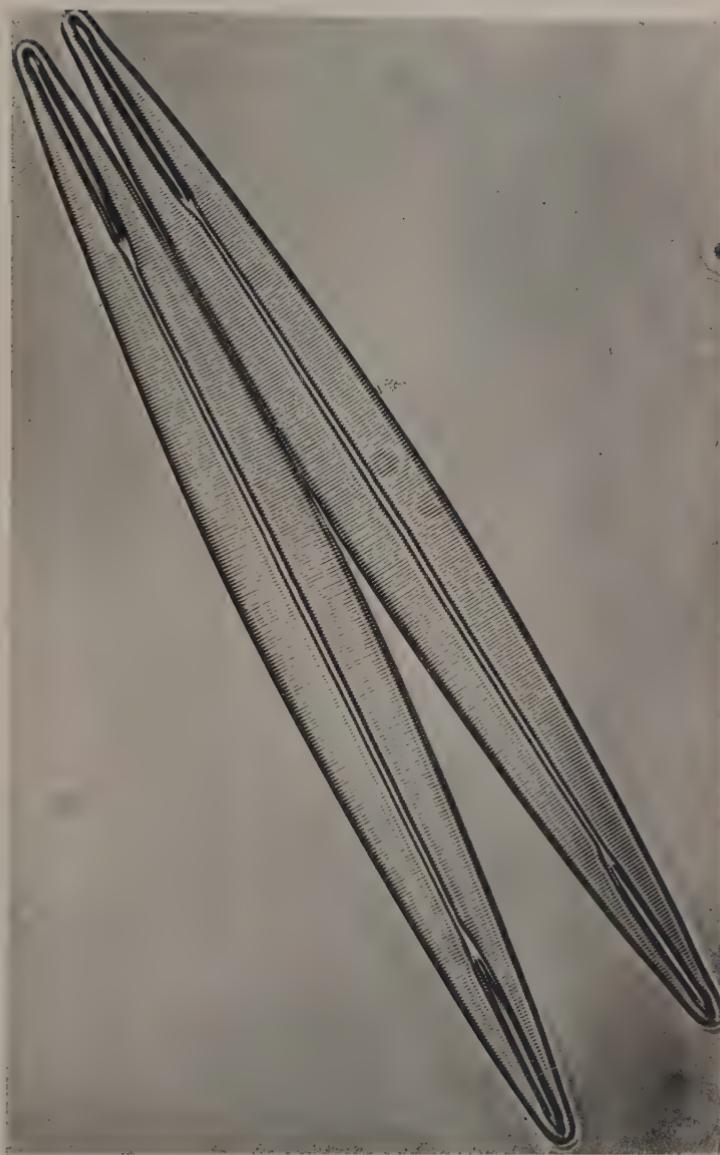
Verdunkelung des Gesichtsfeldes 189.
Vergrösserung 74.

Vergrösserung des Negativs 74, 211.
Verlängerung der Mikrometerschraube
18, 22.
Verstärkung 201.
Vertikale Apparate 32, 146.
Verziehen des Mikroskops 191.
Vogel - Obernetter'sche Eosinplatten
185.

Wahl der Vergrösserung 76.
Wellenlänge 81.
Woodward's Amplifier 56.
— Zimmerapparat 36.

Zeiss' mikrophotographisches Mikro-
skop 26.
— mikrophotographische Apparate
28—31.
— Schlitten-Objektivwechsler 40.
Zettnow'sches Filter 70.
Zimmerapparat von Woodward 36.
Zinkdruck 220.
Zirkonlicht 103.
Zoth's Kühler 85.

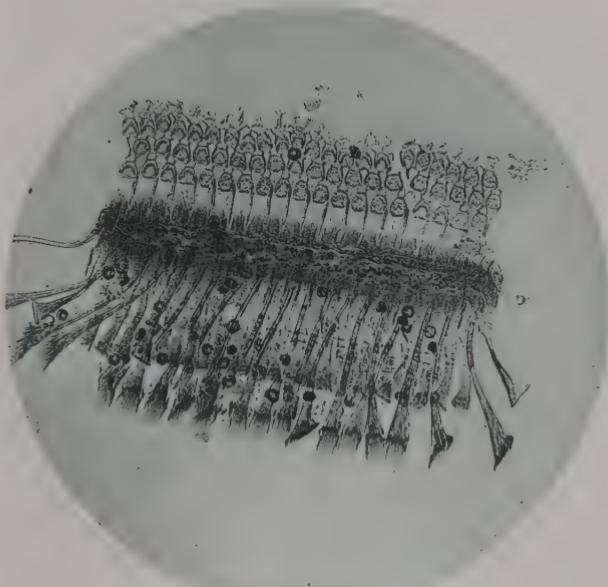
Tafel I



Amphipleura pellucida $\frac{2000}{1}$

Aufgen. von Dr. R. Neuhauss

I.



Dr. R. Neubauer phot.

Corti'sches Organ. Lamina reticularis. $\frac{200}{1}$.

II.



Dr. R. Neubauer phot.

Typhus Bacillen. $\frac{1000}{1}$



**Actien-Gesellschaft
für
Anilin-Fabrikation
Photographische Abtheilung
BERLIN 80.**

Trockenplatten.

Specialität:

„Röntgen“-Platten und Films, „Isolar“-Platten, auch orth.

Ferner:

**Orthochromat., Diapos.- u. Ferrotyp-Platten. Abziehplatten,
Celluloidfolien, auch orth.**

Entwickler:

Eikonogen, Diogen, Rodinal, Amidol, Metol, Ortol,
Glycin, Paramidophenol, sowie Hydrochinon
und Pyrogallussäure.

Chemikalien

für Photographie.

Im Verlage des „APOLLO“ in Dresden-A. sind erschienen:

„GUT LICHT!“

Jahrbuch und Almanach für Photographen und Kunstliebhaber.

Herausgegeben von **Hermann Schnauss.**

III. Jahrgang. Für 1898.

Enthält: Kalendarium, Praktische Notizen, Annalen der Photographie 1897 (Ausführliches Repertorium der Fortschritte), Chronik der Photographie 1897 (1. Bemerkenswerthe Ereignisse; 2. Ernennungen, Auszeichnungen, Medaillen; 3. Jubiläen; 4. Ausstellungen, Kongresse; 5. Todtenschauf), Kalender der Ausstellungen und Preisausschreiben für 1898, Neuheiten, Literatur, sowie 8 Kunstbeilagen.

Preis broschirt **M. 1,20**, elegant gebunden **M. 1,50**.

Diapositive

Anleitung zur Anfertigung von Projektions- und Stereoskop-Glasbildern, von Fensterbildern u. s. w.

Von **Hermann Schnauss.**

Zweite vermehrte Auflage.

104 Seiten. Mit 26 Abbildungen.

Preis broschirt **M. 1,50.**

Rechenaufgaben des Photographen.

Die kleinen

Von Professor **E. Wallon.**

Enthält die beim Vergrössern, Reproduzieren und bei Aufnahmen vorkommenden Berechnungen in durchaus elementarer Form, in Gestalt einfacher, praktischer Regeln.

Preis broschirt **M. 1,20.**

MIKROTOME

von vorzüglicher Leistung mit den besten Einrichtungen ausgestattet. Beschrieben von den Herren Prof. Dr. Spengel in Gießen und Prof. Dr. Schiefferdecker in Bonn in der „Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie und für mikroskopische Technik“ Band III, IV und V.

Beschreibung und Preisverzeichnisse stehen gern zur Verfügung.

Göttingen.

Aug. Becker.

PHOTOGRAPHISCHER BEOBACHTER

Fach- und Handelszeitung.

19. Jahrgang.

Herausgegeben von **CARL GROLL** in **Guben**.

Der „Photographische Beobachter“ wird am 15. jeden Monats abwechselnd in einem dreimonatlichen Turnus **gratis** und **franko** an sämmtliche **Photographen** und der **photographischen Branche verwandte Anstalten** Deutschlands, Oesterreich-Ungarns, der Schweiz, der Niederlande, Dänemarks, Schwedens, Norwegens und Russlands versandt.

Regelmässige Zustellung erfolgt gegen Einsendung des Abonnementsbetrages von M. 1,— für **Inland** und M. 1,50 für **Ausland**.

Der „Photographische Beobachter“ ist der **weitverbreitetste** aller photographischen Zeitschriften, und haben **Inserate** in demselben **grössten Erfolg**.

Insertionspreis:

$\frac{1}{1}$ Seite 60 Mark, $\frac{1}{2}$ Seite 35 Mark, $\frac{1}{4}$ Seite 18 Mark, $\frac{1}{8}$ Seite 10 Mark,
Petitzeile oder deren Raum 30 Pf., Arbeitsmarkt 20 Pf.

Bei **mehrmaliger Aufgabe** eines Inserates gewähre **hochmöglichsten Rabatt**.

Verlag des „Photographischen Beobachters“
Guben (Deutschland).

Verlag von **Harald Bruhn** in **Braunschweig**

Soeben erschien:

TABELLEN
ZUM GEBRAUCH
BEI
MIKROSKOPISCHEN ARBEITEN
VON
WILHELM BEHRENS

DRITTE, NEU BEARBEITETE AUFLAGE

237 S. gebunden Preis 6 Mark

Zum Abonnement empfohlen:

Allgemeine PHOTOGRAPHEN-ZEITUNG

Zeitschrift für künstlerische Fach-Photographie

mit den Text-Beilagen

Photographisches Vereinsblatt und Technische Rundschau.

Offizielles Vereinsorgan von 10 renommirten deutschen Fachvereinen.

Redigirt von

C. H. EMMERICH, München-Schwabing.

Jährlich erscheinen 24 Hefte — am ersten und fünfzehnten jeden Monats — davon 12 Hefte reichhaltig illustriert (mit vielen Text-Illustrationen und Kunstbeilagen).

Abonnementspreis pro Jahr nur 8 Mark (Ausland 10 Mark).

Die Allgemeine Photographen-Zeitung steht in Folge ihrer glänzenden künstlerischen Aussstattung und ihres lehrreichen fachwissenschaftlichen Inhaltes nach dem Urtheil aller bedeutenden Photographen an der Spitze der einschlägigen Literatur.

Im gleichen Verlage erscheint:

Photographisches Centralblatt

Zeitschrift für künstlerische und wissenschaftliche Photographie.

Herausgeber und Leiter:

Redakteur:

Professor F. Schmidt.

F. Matthies-Masuren.

Jährlich erscheinen 24 Hefte, davon 12 reichhaltig illustriert (mit vielen Text-Illustrationen und Kunstbeilagen).

Abonnementspreis pro Jahr 10 Mark (Ausland 12 Mark).

Diejenigen Anhänger der Amateurphotographie, die es mit dieser Kunst wirklich ernst nehmen, dann auch das kunstliebende Publikum, können aus dieser Zeitschrift, die eine vollständig neue Richtung in der photographischen Kunst verfolgt, ungemein viel Anregung und Belehrung schöpfen.

Man abonniert bei jeder Buchhandlung und Postanstalt oder beim Verlag.

Probehefte von beiden Zeitschriften auf Wunsch kostenfrei

von der

**Verlagsbuchhandlung Georg D. W. Callwey
in München.**



R. Fuess, Steglitz b. Berlin. MIKROSKOPE

für krystallographische und petrographische Studien.

Neue photographische Kamera D. R.-G.-M.

zu jedem Mikroskop passend nachlieferbar.

Für Format 7×7 komplett = 30 Mark

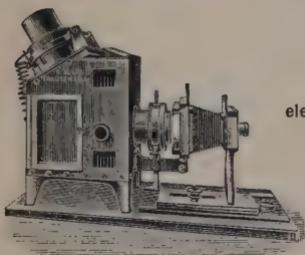
" " " 9 \times 12 " = 40 "

Gewicht der Kamera 7×7 mit gefüllter Doppelkassette
160 Gramm.

Herr Prof. van Heurck hat neben anderen namhaften Gelehrten die kleine Kamera mit Vorteil zur Aufnahme der schwierigsten Objekte, wie *Amphipleura pellucida* u. s. w., benutzt.

Neues Lupen-Mikroskop

für direkte Beobachtungen und für Photographie.
Besonders vortheilhaft zum Gebrauch mit der neuen
nebenstehend abgebildeten Kamera.



Projektionsapparate und optische Bänke

für alle Darstellungen mit
elektrischem Bogen- und Glühlicht, Zirkon- und Kalklicht,
Gasglühlicht, Petroleumlicht.

Vergrößerungs- und mikrophotographische
Apparate.

Apparate für Effektbeleuchtung.

Reichhaltigster Katalog auf diesem Gebiet
kostenlos.

Farbstoffe, Reagentien

für Mikroskopie und Bakteriologie

gewissenhaft nach Angabe der Autoren.

Dr. G. Grübler & Co.

Bayerische Strasse Leipzig Bayerische Strasse

Centralstelle für mikroskopisch-chemischen Bedarf.

Preislisten gratis und franko.

Chr. Harbers

Leipzig

Specialhaus für Photographie-Bedarf.

Mein **Preislisten-Cyclus**, Redig. v. Prof. Dr. G. Aarland, ist bis Heft 17 erschienen, und wird Käufern inkl. eleganter Mappe franko und gratis geliefert.

Andere Reflektanten erhalten denselben nebst folgenden Heften für M 2,50 franko. Heft 1 mit wissenschaftlichen und gebräuchlichen Bezeichnungen der üblichsten Chemikalien wird Jedermann franko und gratis zugesandt. Ueber den Werth dieser Liste hier ein Urtheil der Fachpresse. Die Redaktion des Apollo schreibt:

„Ich danke Ihnen für die uns nachgelieferten Nummern Ihres Preislisten-Cyclus. Bei dieser Gelegenheit möchte ich nicht verfehlen, Ihnen meine aufrichtige Anerkennung bezüglich dieses nützlichen Werkes auszudrücken. Die Preisliste ist mit seltener Gründlichkeit, Sachkenntnis und Vollständigkeit zusammengestellt und wird als Nachschlagebuch dauernden Werth behalten.

Mit hochachtungsvoller Empfehlung

Ihr sehr ergebener

Hermann Schnaß, Dresden, Redakt. d. Apollo.“

Dr. Adolf Hesekiel & Co.

BERLIN.

Fabrik: NO 18, Landsbergerstrasse 32.

Filiale: W, Leipzigerstrasse 105 I, an der Friedrichstrasse.



Photographisches Laboratorium.

**Sehr grosses Lager aller empfehlenswerthen Apparate
und Utensilien**

aller Fabriken streng zu Originalpreisen.

Uebernahme der Weiterbearbeitung und Vergrösserung
von Platten und Bildern.

Kinematographie

und alle Apparate etc. dafür.

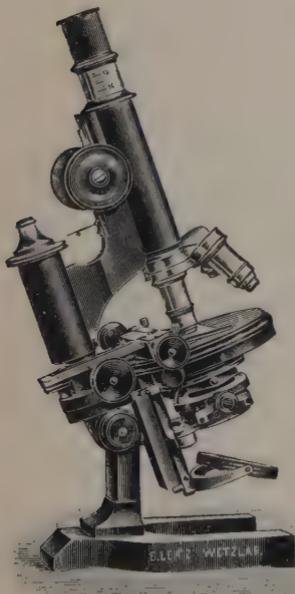
METOL, AMIDOL, GLYCIN, ORTOL.

(Glycin eignet sich speciell auch für Mikrophotographie.)

Vorzügliche Entwickler (patentirt).

J. HAUFF & Co., G. M. B. H.
Chemische Fabrik
FEUERBACH (Württb.)

Zu beziehen durch die Handlungen photographischer Artikel.



E. Leitz
Optische Werkstätte
WETZLAR.

Filialen: Berlin NW, Luisenstr. 29,
New-York 411 W 59 Str.

Mikroskope
PHOTOGRAPHISCHE
APPARATE
für schwache und starke
Vergrösserungen.

Illustrirte deutsche, französische und
englische Preislisten kostenlos.

J. Klönne & G. Müller
Werkstätten für Mikroskopie und Bakteriologie
BERLIN NW, Luisenstrasse 49.

Mikrophotographische Kamera

nach Dr. R. Neuhauss.

Der genau nach der Kamera des Herrn Dr. Neuhauss gearbeitete Apparat ist peinlichst genau in Mahagoni mit langem, doppeltem Balgen und leicht mit dem Mikroskop lichtdicht zu verbindenden Tuben hergestellt.

Die ganze Länge der eigentlichen Kamera beträgt $1\frac{1}{2}$ m.

Die Einstellung der matten Scheibe geschieht auf der ganzen Länge durch beiderseits eingelegte Zahntangen und Trieb.

Die Kamera ist zusammenklappbar und kann mit einem Objektiv auch zu makroskopischen Aufnahmen und als Touristen-Kamera Verwendung finden. Das Objektivbrett ist verstellbar.

Der Tisch zur Aufnahme des Mikroskops, der Lichtfilter, Beleuchtung etc. mit Einrichtung zur Festlegung jedes Stativs ist von der Kamera vollständig getrennt, in Mahagoni gearbeitet und so beschaffen, dass er auch mit beliebig langen Füßen versehen werden kann.

Zum Photographiren in aufrechter Stellung wird die Kamera an die Wand gehängt.

Preis der Kamera mit einer Kassette 13×18 mit zwei Einlagen 9×12 und $10\frac{1}{2} \times 13$, einer matten Scheibe und einer Spiegelglasscheibe in Mahagoni-Rahmen, mit Tisch zum Befestigen des Mikroskops und mit Einrichtung zur bequemen feinen Einstellung des Mikroskops in jeder Entfernung. **175 Mark.**

Mit hohem, dreifüßigem Tischstift mit Rolle am mittleren Fuss zum Heben, Senken und Schrägstellen der Kamera, aus Elsenholz, poliert. **225 Mark.**

Kamera und Mikroskopisch auf einer Platte in Mahagoni sauber gearbeitet. Der Mikroskopisch zur Einstellung des Mikroskops seitlich herausdrehbar. Plattengrösse 13×21 cm mit Einlage für $13 \times 10\frac{1}{2}$. Einstellung der matten Scheibe durch Verschiebung auf Schiene. Balgenlänge 1.80 m.

Mit matter Scheibe und Spiegelglasscheibe in Rahmen, Kassette und feiner Einstellungs-Vorrichtung des Mikroskops für jede Entfernung. **130 Mark.**

Komplette Einrichtung mit Beleuchtungslinse, 90 mm Durchmesser, auf Stativ mit Kugelgelenken, Projektionsokular, zwei Lichtfilterküvetten aus zusammengeschmolzenen parallelen **Spiegelglasplatten** mit Anleitung. **175 Mark.**

Herr Professor Kitt äussert sich über dieselbe in der Monatsschrift für Thierheilkunde unter Anderem:

... Die Beschaffung des von Klönne & Müller fertigten Apparates brachte uns einen grossen Schritt vorwärts. Die Konstruktion des Apparates ist die denkbar einfachste und beste, namentlich was die lichtdichte Verbindung zwischen Mikroskop und Apparat und die Bewegung der Mikrometerschraube anlangt; dazu ist das höchst sauber gearbeitete Instrument im Verhältnis zu den Produkten anderer Firmen das billigste und das Arbeiten mit demselben außerordentlich bequem ...“

Jede weitere **Kassette** für vorstehende Apparate 15 Mark. **Doppelkassette** 25 Mark. **Beleuchtungslinse**, 90 mm Durchmesser, 180 mm Brennweite auf Stativ mit Kugelgelenken 25 Mark. **Beleuchtungssystem** aus zwei Linsen, 60 mm Durchmesser, 75 mm Brennweite auf Stativ mit Gelenken 15 Mark. **Hohlspiegel**, 10 cm Durchmesser auf Stativ mit Kugelgelenken für Aufnahmen bei direktem Sonnenlicht 25 Mark. Projektionsokular 17,50 Mark. **Lichtfilter** aus verschmolzenen parallelen **Spiegelglasplatten**, säure-, alkalien- und spiritusfest 3,50 Mark. **Lichtfilter**, Flasche mit plangeschliffen Wänden 1,75 Mark. **Alkohollinsen**, Uhrgläser mit Ausschliff zum Aufkitten auf Glasplatten 90 Pfg., grössere, bis 50 cm Durchmesser, bis 5 Mark.

Grosse mikrophotographische Kamera, 24×30 cm Plattengrösse, in Mahagoni auf grossem Tisch aus Elsenholz mit 4 Rollen, allseitig verstellbar, mit matter Scheibe und Spiegelglasscheibe mit Diamantkreuz, drei Doppelkassetten und einer Jalousiekassette, mit Einlagen zu 18×24 , 18×18 und 9×12 cm für jede Kassette.

Verstellbarer Tisch für das Mikroskop und die Beleuchtung aus Elsenholz, auf drei Füßen, durch Zahntange und Trieb mittelst Kurbel zum Heben und Senken eingekleitet, mit zwei Puffern und Nuth in der Mitte mit darin laufendem Stativ für farbige Scheiben **600 Mark** (für das anatomische Institut der Universität Würzburg angefertigt).

Kassette für diesen Apparat zum nassen Verfahren 25 Mark.

Andere Einrichtungen nach Zeichnung etc. werden sachgemäß, billigst und sauber ausgeführt.

Photogramme von Dr. R. Neuhauss nach besonderem Verzeichnis:

Papierphotogramme 1,50 Mark pro Stück.

Glasdiapositive für das Skioptikon 2 Mark pro Stück.

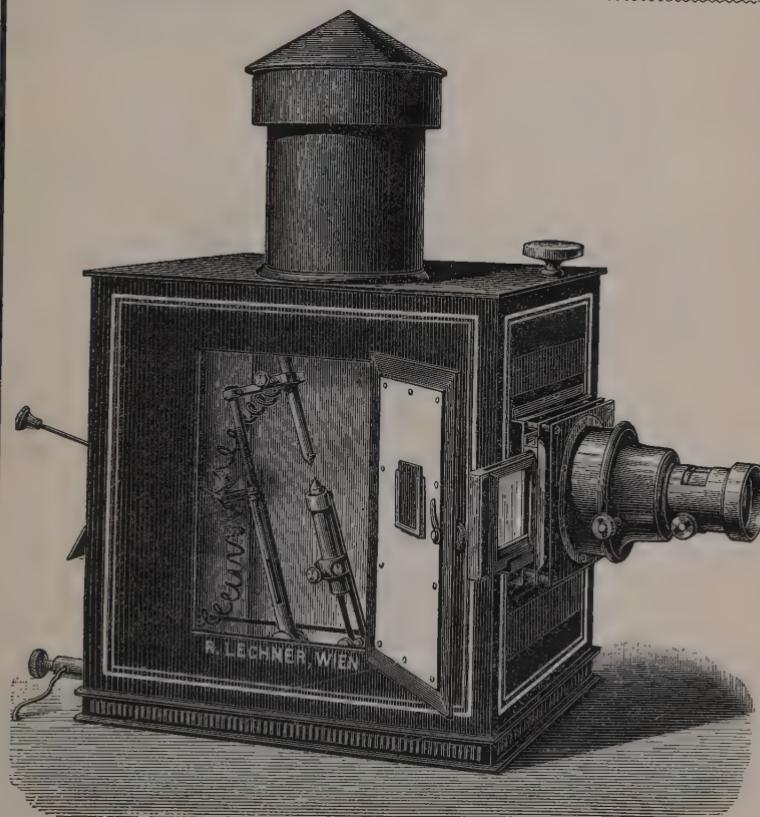
Skioptikon zur Projektion der Diapositive 100 Mark.

Verzeichnisse gratis und franko.

R. LECHNER (WILH. MÜLLER)
k. u. k. Hof-Manufaktur für Photographie
31 Graben * WIEN * Graben 31

LECHNER'S ELEKTRISCHER PROJEKTIONS-APPARAT

— FÜR SCHULE UND HAUS. —

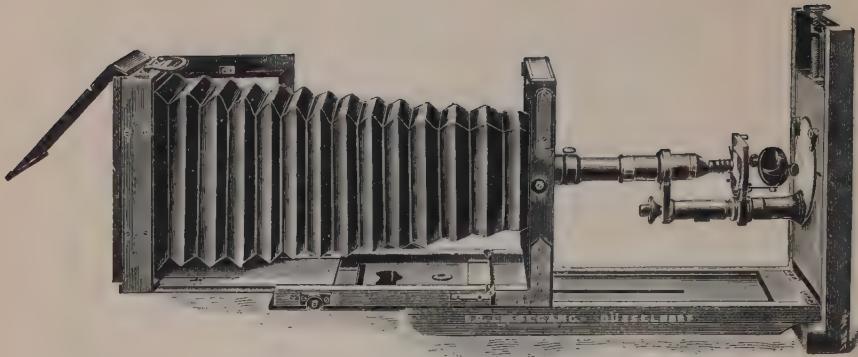


Preis ohne elektrischen Widerstand 250 Gulden.

Vorstehender Apparat steht schon in einer grossen Reihe von Vereinen, Schulen und Familien in Verwendung. Das Projiziren bietet eine unerschöpfliche Quelle der Unterhaltung und Belehrung. Ueberall, wo elektrischer Strom vorhanden, lässt sich der Apparat aufstellen.

Einfache Ausgabe (Schulskoptikon) für Petroleum- oder Ligrionbeleuchtung
stets vorräthig. — **Preis 75 Gulden.**

Gegen vorherige Anmeldung kann der Apparat bei uns in einem eigens adaptirten Lokale in Thätigkeit vorgeführt werden.



Vollständig ausgerüsteter Apparat

mit vorzüglichem Mikroskop, welches auch zur direkten Beobachtung benutzt werden kann, Beleuchtungs-Spiegel u. s. w. Ausgezeichnete 13×18 = Kamera, welche sich auch für gewöhnliche Aufnahmen verwenden lässt, mit Triebeninstellung und Schraubenfeststellung, zwei leichten Doppel-Kassetten.

Der Apparat kann sowohl horizontal wie vertikal benutzt werden.

Preis komplett 250 Mark.

Der Amateur-Photograph

Illustrierte Monatsschrift.
Jährlich **5 Mark.**

Grundlinien der Amateur-Photographie

206 Seiten. **M 2,50**

Photographischer Zeitvertrieb

5. Auflage, 200 Seiten, 130 Abbildungen.
2 Mark. Eleg. geb. **3 Mark.**

Die richtige Ausnutzung des Objektives

M 1,50

Photographische Chemie

170 Seiten. **M 2,50** Geb. **M 3,25**

Künstlerische Photographie

140 Seiten. **M 1,50**

Laterna-magica

Vierteljahrsschrift für Projektionskunst.
Jährlich **3 Mark.**

Probe-Nummern und ausführliches Verzeichnis gratis.

ED. LIESEGANG, DÜSSELDORF.

Die Fernphotographie

134 Seiten mit 51 Abbildungen im Text und
mehreren Kunstbeilagen. Preis **3 Mark.**

Die Entwicklung der Auskopir-Papiere

60 Seiten. Preis **1 Mark.**

Die Retouche

photographischer Negative und Abdrücke.
Mit Abbildungen und Tafeln
von Prof. Micke.
3. Aufl., 200 Seiten. **4 Mark.** Geb. **5 Mark.**

Die Blitzlicht-Photographie

Anleitung
zum Photographiren bei Magnesiumlicht.
2. Auflage mit vielen Abbildungen.
Preis geh. **2 Mark.** Eleg. geb. **3 Mark.**

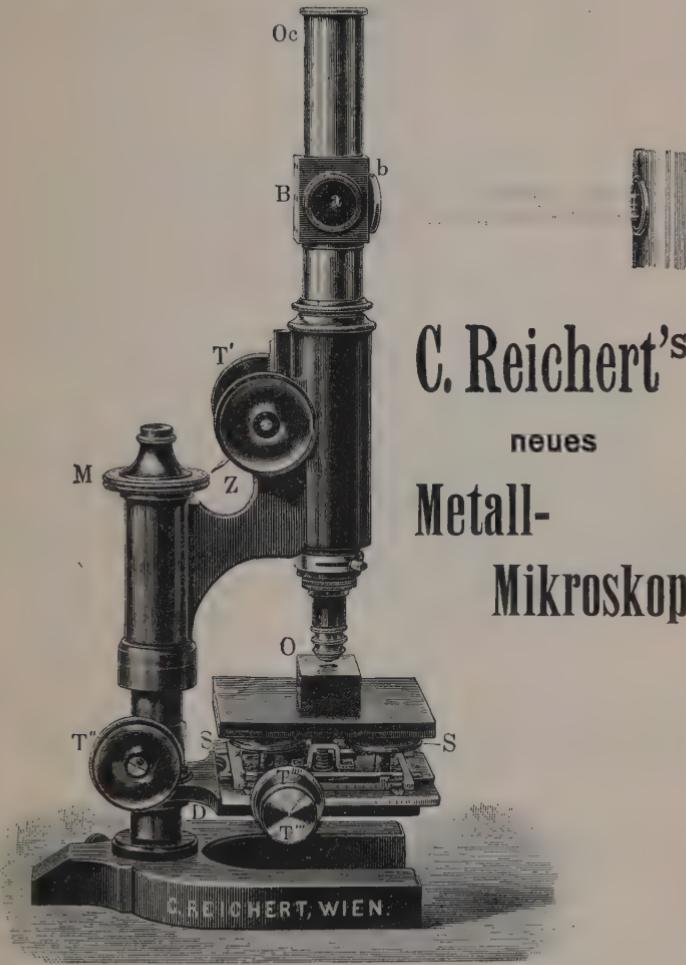
Die Projektionskunst

für Schulen, Familien und öffentliche
Vorstellungen.

10. Auflage. **5 Mark.** Geb. **6 Mark.**

Liesgang's Handbuch des praktischen Photographen

14. Ausgabe. Ueber 1000 Seiten mit 318 Ab-
bildungen. Eleg. geb. **15 Mark.**



C. Reichert's
neues
Metall-
Mikroskop

C. REICHERT,
 Wien VIII, Bennogasse 24 und 26.
 Specialität:
Mikroskope Ier Qualität
 Mikrotome, Hämometer, Mikrophotographische Apparate.
 Neu:
FERROMETER
 nach Dr. Ad. Jolles zur Bestimmung des Eisengehaltes im Blute.
HÄMOMETER
 nach Fleischl, modifizirt nach Miescher.
 Kataloge gratis und franko.

M. SCHANZE

Mechaniker

Brüderstrasse 51. **LEIPZIG** Brüderstrasse 51.

Specialität:

MIKROTOME



eigener, bewährter Konstruktion
in jeder Grösse.

Apparate und Utensilien
für
mikroskopische Zwecke.

Mikroskope.

J. F. Schippang & Co.

Inhaber E. Martini

Prinzenstrasse 24 * Berlin S * Prinzenstrasse 24

fertigen als Specialität:

farbenempfindliche

Trockenplatten für Mikrophotographie,

gewöhnliche und farbenempfindliche Platten für Moment-, Landschafts- und Porträt-Aufnahmen.

Photographische Apparate jeder Art,
Reise- und Hand-Kameras.

Objektive von Zeiss, Goerz, Voigtländer, Steinheil, Hermagis etc.

Complete photographische Ausrüstungen für alle Zwecke.

Sämtliche Bedarfsartikel für Photographie.

Illustrierte Preislisten kostenfrei.

Verlag von Gustav Schmidt (vorm. Robert Oppenheim) in Berlin SW. 46.

Reich illustrirte und vornehm ausgestattete Zeitschrift.

Gegründet 1864.

Photographische Mittheilungen.

Illustrierte Zeitschrift für das Gesamtgebiet der Photographie.

Herausgegeben von Dr. E. Vogel.

Jährlich 24 Hefte in Lexikon-Oktav-Format mit zahlreichen
Kunstbeilagen und Abbildungen im Text.

Preis vierteljährlich (6 Hefte) 3 Mark, jährlich 12 Mark.

Die „Photographischen Mittheilungen“ berichten über alle wichtigen Fortschritte auf den einzelnen Gebieten der photographischen Wissenschaft und Technik, berücksichtigen in weitgehendstem Maßstabe die Anwendung der Photographie in Wissenschaft und Kunst, sowie in der Reproduktionstechnik. Sie verfolgen alle interessanten Vorgänge in den Fach- und Amateur-Kreisen.

Die reiche Ausstattung mit Reproduktionen von hervorragenden und interessanten photographischen Aufnahmen verleiht der Zeitschrift einen doppelten Werth.

Probeheft liefert die Verlagshandlung gegen Einsendung von 50 Pfg. postfrei.

Im April 1898 erschien:

Praktikum der wissenschaftlichen Photographie.

Von Dr. Carl Kaiserling,

Assistent am Königl. pathologischen Institut zu Berlin.

26 Bogen in Gross-Oktav mit 193 Abbildungen und 4 Tafeln.

Preis: Geh. 8 Mark, geb. 9 Mark.

Die Photographie zu wissenschaftlichen Zwecken entbehrt bis jetzt einer zusammenhängenden, kurzgefassten Darstellung. Vielmehr musste sich der Anfänger an der Hand von Specialwerken das für seine Zwecke Brauchbare zusammen suchen und durch zeitraubende Versuche die einzelnen Methoden durchprobiren. Diesem allgemein empfundenen Mangel will das vorliegende Buch nun abhelfen.

Durch die photographischen Kurse, die der Verfasser seit einer Reihe von Jahren für Aerzte und Naturforscher abhält, hat er die Bedürfnisse und Wünsche kennen gelernt, die der angehende und fortgeschrittenen Amateur für seine wissenschaftliche Thätigkeit in der Photographie empfindet. Das Buch ist somit aus reicher praktischer Erfahrung hervorgegangen. Die Darstellung ist eine nach Möglichkeit knappe und so einfache, dass jeder gebildete Amateur-Photograph, ohne Fachmann zu sein, das Dargebotene verstehen und praktisch anzuwenden vermag.

Von den theoretischen Grundlagen der Photographie ist in dem Buche nur das angebracht, was unumgänglich zum Verständnis nötig, und von den technischen Methoden das, was vom Verfasser in eigener langjähriger Praxis vielfach erprobt wurde.

Der Inhalt besteht aus folgenden Kapiteln:

1. Das Licht und seine Wirkungen. — 2. Der Aufnahmeapparat. — 3. Die Aufnahme. — 4. Das Negativverfahren. — 5. Das Positivverfahren. — 6. Die Vergrößerung und die Mikrophotographie. — 7. Die Stereoskopie. — 8. Die Verwendung der X-Strahlen. — 9. Die Photographie in natürlichen Farben und die Reproduktions-Verfahren. — Register.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung, sowie durch die Verlagshandlung
Gustav Schmidt (vorm. Robert Oppenheim) in Berlin SW. 46, Dessauer-
strasse 23.

Dr. Schleussner's Photographische Trockenplatten

von bekannter Güte, Zuverlässigkeit und Gleichmässigkeit,
speziell für **wissenschaftliche Zwecke** von vielen Autoritäten empfohlen.

Momentplatten

von höchster Empfindlichkeit,

Spezielle Platten

für Röntgen-Aufnahmen,

Orthochromatische Platten

ohne Gelbscheibe verwendbar,

Abziehplatten

für Lichtdruck,

Celluloïdfolien (Films)

flachliegend,

Rollfilms

für Eastman's, Kodak's u. Krügener's Tageslicht-Kameras

empfiehlt die

Trockenplatten-Fabrik auf Aktien
vorm. Dr. C. Schleussner

Frankfurt a. M.

Bezug ab Fabrik oder durch die Händler.

THEODOR SCHRÖTER

Kartonnagenfabrik für wissenschaftliche Zwecke

LEIPZIG-CONNEWITZ

Für Mikroskopie:

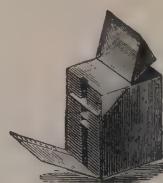
Tafeln und Mappen (mit Verschluss).

Etuis in Buchform.

Eichenholz-Schränkchen.

Eichenholz-Kassetten.

Paraffinblock-Kästen.



Für Präparate.

Für Photographie:

Negativ-Bewahrer.

Projektionsbilder-Bewahrer.

Stereoskopbilder-Bewahrer.

Kassetten-Einlagen.

Umschläge mit Aufdruck.

Umschläge, tief schwarz.

Dissertationskasten. — Zettelkataloge.

Illustrierte Preislisten frei.



Jede bessere Handlung von in dieses Fach schlagenden
Utensilien führt meine Fabrikate.





UNGER & HOFFMANN,

Gegründet 1878. **DRESDEN-A. 16** Gegründet 1878.

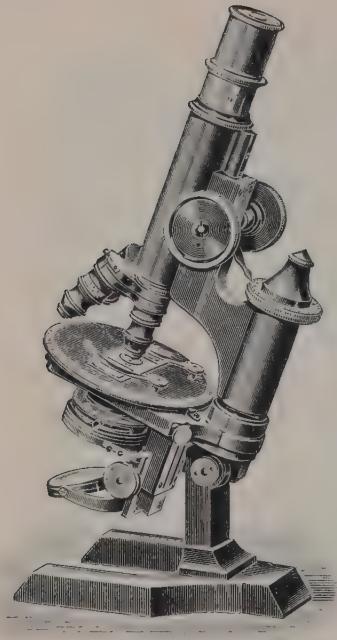
halten ihre rühmlichst bekannten Fabrikate:

APOLLO-PLATTEN,
APOLLO-DIAPOSITIV-PLATTEN
 und
PLATIN-PAPIER

bestens empfohlen, sowie auch ihr reichhaltiges Lager in allen

Bedarfs-Artikeln.

Preislisten, Auskünfte bereitwilligst.



W. & H. Seibert
optisches Institut
WETZLAR

Mikroskope

mikrophotographische Apparate
und
alle Hilfsapparate

Apochromate
und
achromatische Objektive

zur Mikrophotographie
bester Qualität

Ausführliche illustrirte Preis-
liste kostenfrei!

R. Winkel in Göttingen

MIKROSKOPE

und neu konstruirte Apparate für

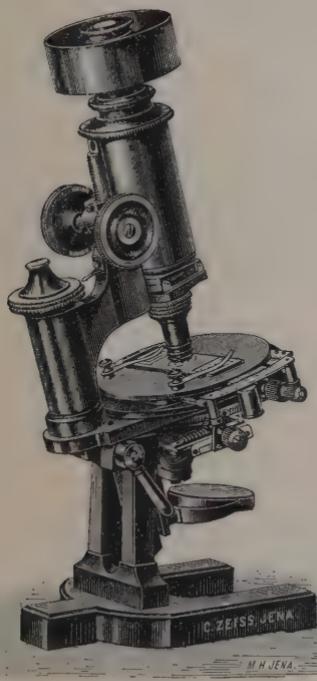
MIKROPHOTOGRAPHIE

NEUE OBJEKTIVE (Fluorit-Systeme),

welche mit den zugehörigen Okularen sehr ebene Sehfelder gewähren
und sich deshalb für mikrophotographische Aufnahmen besonders eignen.

CARL ZEISS
Optische Werkstaette
Jena.

MIKROSKOPE



Mikrophotographische
und
Projektions - Apparate

in vollständigeren
und einfacheren Zusammenstellungen.

Projektions - Systeme,
Mikroplanare etc.

Photographische
Objektive

(Zeiss-Anastigmate und Planare)

Astronomische Objektive
und
Montirungen.

Ausführliche Special-Kataloge in deutscher, französischer
und englischer Sprache gratis und franko;
genaue Angabe des gewünschten Katalogs erbeten.



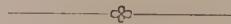
Für
Mikrophotographie und Röntgen-Aufnahmen

werden von hervorragenden Autoritäten unsere

Vogel-Obernetter-Silbereosinplatten

(farbenempfindlich ohne Gelbscheibe)

als die besten empfohlen.



Illustrirter Preis-Courant
über
photographische Apparate und Bedarfsartikel
gratis und franko.

COUNTWAY LIBRARY



HC 4BR5 X

